

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

## FACULTAD DE INGENIERÍA



**“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL  
CONCRETO DISEÑADO Y ELABORADO CON AGREGADO  
GRUESO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. YAMILET YAJAHIRA TAFUR PERALTA**

**ASESOR:**

**Mg. Ing. HECTOR PEREZ LOAYZA**

**CAJAMARCA PERÚ**

**2015**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL  
CONCRETO DISEÑADO Y ELABORADO CON AGREGADO  
GRUESO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. YAMILET YAJAHIRA TAFUR PERALTA**

**ASESOR:**

**Mg. Ing. HECTOR PEREZ LOAYZA**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2015**



## **AGRADECIMIENTO:**

### ***A Dios:***

*Agradezco a Dios por las tantas bendiciones que me ha brindado a lo largo de toda mi vida. Por ser ese Ser que ilumina mi andar día a día. Te amo Dios.*

### ***A mi mamá Yanet Peralta Tambo:***

*Gracias mamá, gracias por ser una mujer digna de admirar, por ser quien jamás me dejó y me incentivó a continuar, quien con firmeza me ayudó a conseguir cada meta. Te amo mamá.*

### ***A mi papá Carlos Tafur Aguilar:***

*Por ser apoyo en cada momento y fortaleza en mi vida. Por los cuidados y consejos que me brindas para andar por el camino correcto. Te amo papá.*

### ***A mi hermano Jean Gonzales Peralta:***

*Porque con cada ocurrencia me permitió darme cuenta de cuanto sería capaz de brindarle; y así continuar con cada meta trazada. Te amo mi Jean.*



***A mi papá Rómulo y a mi Mamá Lola***

*Significan en mi vida, el mejor regalo que Dios me ha podido dar. Gracias por ser los mejores ángeles que cuidan de mí cada día. LOS AMO.*

***A mi tía Betty y a mis mellizas Claudia y Milagros:***

*Gracias por ser incondicionales conmigo, por darme siempre fuerzas y ánimos con ese tierno y gran amor. Las amo mucho.*

***A Marco Rubio Gayoso:***

*Gracias por ser un gran apoyo en mi vida, por ser mi compañero fiel y porque junto a ti, pude continuar cumpliendo mis metas. Gracias mi amor.*

***A mi asesor Ing. Héctor Pérez Loayza:***

*Gracias por ser mi formador siendo un apoyo constante en este camino, por creer en mí y por ser la ayuda idónea que se necesita.*



## **DEDICATORIA**

*Con todo el respeto y amor del mundo, dedico éste proyecto a mi madre, porque por ella y para ella he podido continuar caminando por un largo camino, un camino de éxito y bendición. Éste trabajo también es fruto de su esfuerzo y amor que cada mañana al amanecer y cada noche al acostar me ha brindado.*

**TE AMO MAMÁ.**

*Dedico también éste proyecto a toda mi familia, por su apoyo incondicional, por brindarme las fuerzas y ánimos para continuar. Cada uno de ellos es parte importante en mi vida y pieza clave para la culminación de éste proyecto.*



# ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I. ....</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
1.1    Formulación Del Problema: .....	14
1.2    Hipótesis: .....	14
1.3    Justificación de la investigación:.....	14
1.4    Alcances .....	15
1.5    Objetivos.....	16
1.5.1    Objetivo General.....	16
1.5.2    Objetivos Específicos .....	16
<b>CAPÍTULO II. ....</b>	<b>18</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
2.1    Antecedentes Teóricos De La Investigación: .....	18
2.2    Bases Teóricas: .....	21
2.2.1    Normas Legales.....	21
2.2.2    Fundamentos Del Concreto .....	23
2.2.3    Concreto Reciclado .....	28
2.2.4    Los Agregados.....	35
2.2.5    Propiedades De Los Agregados .....	38
2.2.6    Diseño de mezclas de concreto .....	43
2.2.7    Ensayo de Compresión del Concreto (NTP 339.034):.....	49
2.3    Definición De Términos Básicos: .....	51
<b>CAPÍTULO III. ....</b>	<b>53</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>53</b>
3.1    Toma de muestras .....	53
3.2    Procedencia de los agregados .....	54
3.2.1    Localización.....	54
3.2.2    Descripción de la muestra reciclada.....	54
3.2.3    Obtención del agregado reciclado.....	55
3.3    Equipo y maquinaria .....	55
3.3.1    Método de trituración para material reciclado.....	55



3.4	Materiales y Procedimiento: .....	56
3.4.1	Materiales:.....	56
3.4.2	Procedimiento: .....	59
<b>CAPITULO IV. ....</b>		<b>61</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>61</b>
4.1	Ensayos Químicos de los agregados (Norma MTC E 213 y NTP 339.176) .....	62
4.2	Reporte de Probetas del Ensayo a Compresión (NTP 339.034) .....	62
4.2.1	Reporte de ambos concretos.....	63
4.3	Resultados de Diseño .....	64
4.3.1	Valores de las propiedades físico-mecánicas de los agregados .....	65
4.3.2	Resultados del Diseño de Prueba .....	65
4.3.3	Resultado de Ajuste de Diseño de Mezcla.....	66
4.4	Resultados del f'c con el Esclerómetro del Concreto Reciclado (NTP 339.181).....	67
4.5	Resultados del Ensayo a Compresión de los especímenes de ambos concretos .....	68
4.6	Resultado de Módulo de Elasticidad (Norma ASTM C469) .....	70
4.7	Análisis de Costos .....	71
4.7.1	Análisis de Costos para Concreto con Agregados Naturales (Sin Considerar Mano de Obra) 71	
4.7.2	Análisis de Costos para Concreto con Agregado Grueso Reciclado (Sin Considerar Mano de Obra) .....	71
<b>CAPÍTULO V. ....</b>		<b>72</b>
<b>CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS... 72</b>		
5.1	Conclusiones:.....	73
5.2	Recomendaciones: .....	73
5.3	Referencias Bibliográficas:.....	74
<b>ANEXOS .....</b>		<b>75</b>
<b>ANEXO I.....</b>		<b>76</b>
ENSAYO DE PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS.....		76
<b>ANEXO II.....</b>		<b>95</b>
DISEÑO DE MEZCLA CON EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS .....		95
DISEÑO DE MEZCLAS – CONCRETO CONVENCIONAL.....		96
AJUSTE DE MEZCLA DE CONCRETO CONVENCIONAL.....		99
DISEÑO DE MEZCLAS – CONCRETO RECICLADO .....		102



AJUSTE DE MEZCLA DE CONCRETO RECICLADO .....	105
<b>ANEXO III.....</b>	<b>108</b>
MÓDULO DE ELASTICIDAD DE AMBOS CONCRETOS.....	108
CONCRETO CON AGREGADO NATURAL – ENSAYO A LOS 7 DÍAS.....	109
CONCRETO CON AGREGADO NATURAL – ENSAYO A LOS 14 DÍAS.....	118
CONCRETO CON AGREGADO NATURAL – ENSAYO A LOS 28 DÍAS.....	127
CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO – ENSAYO A LOS 7 DÍAS.....	136
CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO – ENSAYO A LOS 14 DÍAS.....	145
CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO – ENSAYO A LOS 28 DÍAS.....	154
<b>ANEXO IV.....</b>	<b>163</b>
GRÁFICAS Y CUADROS ESTADÍSTICOS .....	163
COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR .....	164
COMPARACIÓN DE RESISTENCIA EN EL TIEMPO DE AMBOS CONCRETOS.....	166
COMPARACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL TIEMPO DE AMBOS CONCRETOS.....	166
COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS DE AMBOS TIPOS DE CONCRETOS.....	167
COMPARACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD A LOS 28 DÍAS DE AMBOS TIPOS DE CONCRETOS.....	167
<b>ANEXO V.....</b>	<b>168</b>
PANEL FOTOGRAFICO .....	168
<b>ANEXO VI.....</b>	<b>175</b>
FALLAS DE LAS PROBETAS ENSAYADAS .....	175
<b>ANEXO VII.....</b>	<b>179</b>
FICHA TÉCNICA DE CEMENTO MS .....	179
<b>ANEXO VIII.....</b>	<b>181</b>
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS QUÍMICOS DE LOS AGREGADOS .....	181





## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I: Formas de Obtención de Concreto Reciclado.....	30
Tabla III: Husos granulométricos del agregado fino .....	38
Tabla IV: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	46
Tabla V: Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto. ....	46
Tabla VI: Módulo de fineza de la combinación de agregados.....	48
Tabla VII: Resultados de Ensayo químico del Agregado Grueso Natural .....	62
Tabla VIII: Resultados del Ensayo químico del Agregado Grueso Reciclado .....	62
Tabla IX: Reporte de Concreto con Agregado Grueso Natural.....	63
Tabla X: Reporte de Concreto con Agregado Grueso Reciclado .....	64
Tabla XI: Valores de las Propiedades de los Agregados .....	65
Tabla XII: Diseño de prueba de Concreto Convencional .....	65
Tabla XIII: Diseño de prueba de Concreto con Agregado Grueso Reciclado .....	66
Tabla XIV: Diseño final de Concreto Convencional.....	66
Tabla XV: Diseño final de Concreto con Agregado Grueso Reciclado .....	66
Tabla XVI: Muestreo con el esclerómetro .....	67
Tabla XVII: Resultado de Ensayo a compresión a los 7 días .....	68
Tabla XVIII: Resultado de Ensayo a compresión a los 14 días .....	68
Tabla XIX: Resultado de Ensayo a compresión a los 28 días .....	69
Tabla XX: Granulometría M1 de Agregado Fino .....	77
Tabla XXI: Granulometría M2 de Agregado Fino.....	78
Tabla XXII: Granulometría M3 de Agregado Fino .....	79
Tabla XXIII: Módulo de Finura del Agregado Fino .....	80
Tabla XXIV: Peso específico y absorción del Agregado Fino.....	80
Tabla XXV: Peso unitario suelto del agregado fino.....	81
Tabla XXVI: Peso unitario compactado del Agregado Fino .....	81
Tabla XXVII: Contenido de Humedad del Agregado Fino .....	82
Tabla XXVIII: Granulometría M1 de Agregado Grueso Natural.....	83
Tabla XXIX: Granulometría M2 de Agregado Grueso Natural .....	84
Tabla XXX: Granulometría M3 de Agregado Grueso Natural.....	85
Tabla XXXI: Módulo de Finura del Agregado Grueso Natural .....	86
Tabla XXXII: Peso específico y absorción del Agregado Grueso Natural .....	86



Tabla XXXIII: Peso unitario suelto de Agregado Grueso Natural.....	87
Tabla XXXIV: Peso unitario compactado de Agregado Grueso Natural.....	87
Tabla XXXV: Contenido de humedad de Agregado Grueso Natural.....	88
Tabla XXXVI: Resistencia a la abrasión de Agregado Grueso Natural .....	88
Tabla XXXVII: Granulometría M1 de Agregado Grueso Reciclado.....	89
Tabla XXXVIII: Granulometría M2 del Agregado Grueso Reciclado.....	90
Tabla XXXIX: Granulometría M3 de Agregado Grueso Reciclado.....	91
Tabla XL: Módulo de finura del Agregado Grueso Reciclado .....	92
Tabla XLI: Peso específico y absorción del Agregado Grueso Reciclado .....	92
Tabla XLII: Peso unitario suelto del Agregado Grueso Reciclado .....	93
Tabla XLIII: Peso unitario compactado del Agregado Grueso Reciclado .....	93
Tabla XLIV: Contenido de humedad del Agregado Grueso Reciclado .....	94
Tabla XLV: Resistencia a la abrasión del Agregado Grueso Reciclado.....	94
Tabla XLVI: Coeficiente de Variación y Desviación Estándar del Concreto con Agregado Grueso Reciclado.....	164
Tabla XLVII: Coeficiente de Variación y Desviación Estándar del Concreto Natural .....	164



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Forma de obtención de recursos.....	29
Figura 2: Tipos de Contenido de Humedad .....	41
Figura 3: Tipo de fallas.....	50
Figura 4: Falla tipo 3 .....	50
Figura 5: Probetas para el ensayo de resistencia de probetas de 15 cm x 30 cm.....	57
Figura 6: Probetas para el ensayo de resistencia de probetas de 10 cm x 20 cm.....	57
Figura 7: Cuadro Estadístico de Resistencia en el tiempo .....	69
Figura 8: Cuadro Estadístico de Variación del Módulo de Elasticidad .....	70
Figura 9: Granulometría M1 del Agregado Fino .....	77
Figura 10: Granulometría M2 del Agregado Fino .....	78
Figura 11: Granulometría M3 del Agregado Fino .....	79
Figura 12: Granulometría M1 del Agregado Grueso Natural .....	83
Figura 13: Granulometría M2 del Agregado Grueso Natural .....	84
Figura 14: Granulometría M3 del Agregado Grueso Natural .....	85
Figura 15: Granulometría M1 del Agregado Grueso Reciclado .....	89
Figura 16: Granulometría M2 del Agregado Grueso Reciclado .....	90
Figura 17: Granulometría M3 del Agregado Grueso Reciclado.....	91
Figura 18: Deformación unitario vs resistencia a la compresión (Concreto natural – 7 días).....	111
Figura 19: Deformación unitario vs resistencia a la compresión (Concreto natural – 14 días).....	120
Figura 20: Deformación unitario vs resistencia a la compresión (Concreto natural – 28 días).....	129
Figura 21: Deformación unitario vs resistencia a la compresión (Concreto reciclado – 7 días).....	138
Figura 22: Deformación unitario vs resistencia a la compresión (Concreto reciclado – 14 días)...	147
Figura 23: Deformación unitario vs resistencia a la compresión (Concreto reciclado – 28 días)...	156
Figura 24: Desviación estándar en la Resistencia a los 28 días .....	165
Figura 25: Resistencia en el tiempo.....	166
Figura 26: Módulo de Elasticidad en el Tiempo .....	166
Figura 27: Comparación de Resistencia a los 28 días .....	167
Figura 28: Comparación de Módulo de Elasticidad a los 28 días .....	167



## RESUMEN:

Al tema del reciclaje debemos encontrarle una solución rápida y precisa; ya que anualmente se produce una gran cantidad de desechos en el sector construcción, por ello el presente proyecto se centra en la elaboración de un nuevo concreto con agregado grueso obtenido de concreto reciclado.

El concreto reciclado proviene de un pavimento rígido en la ciudad de Cajamarca. Se han elaborado probetas con el agregado grueso del concreto reciclado y sus propiedades mecánicas se compararon con las de un concreto elaborado con agregados naturales, teniendo como objetivo principal analizar y comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto diseñado con agregados naturales y el elaborado con agregado grueso reciclado en la provincia de Cajamarca. Los especímenes de ensayo tuvieron la misma forma de elaboración, curado y ensayo. En el diseño de mezclas se usó el método Del Módulo de Finura de La Combinación de Agregados, con sus respectivos ajustes que fueron necesarios. La resistencia especificada de diseño fue de  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Al finalizar éste trabajo de investigación se obtuvo como resultado una diferencia de resistencia de 4.15% entre ambos diseños; el diseño elaborado con agregado grueso reciclado tiene una resistencia de 228.36 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que de el concreto convencional es de 218.65 kg/cm<sup>2</sup>.

Se concluye que el concreto diseñado con agregado grueso reciclado tiene un comportamiento mecánico similar al concreto elaborado con agregado grueso natural, notándose una mínima ventaja del primero, recomendándose consecuentemente su uso en la elaboración de un concreto convencional.

**Palabras clave:** Agregado de concreto reciclado, concreto, resistencia a la compresión del concreto.



**ABSTRACT:**

We must find a quick and accurate solution to the issue of recycling. For each year a lot of waste is produced in the construction industry, so this project focuses on the development of a new concrete with coarse aggregate obtained from recycled concrete. The recycled concrete comes from a rigid pavement in the city of Cajamarca. Specimens were prepared with recycled coarse aggregate concrete, comparing the mechanical properties of a concrete made with natural aggregates; with the main objective to analyze the differences in the physical and mechanical properties of concrete with natural aggregates designed and made with recycled coarse aggregate in the province of Cajamarca. The test specimens had the same way of processing and curing. The design blends the "fineness module Combination of Units" method, with their respective settings are used. The specified design strength  $f'_c$  was 210 kg / cm<sup>2</sup>. At the end of this research it was obtained as a difference of 4.15% resistance between the two designs; design made from recycled coarse aggregate has a strength of 228.36 kg / cm<sup>2</sup>, while of conventional concrete is 218.65 kg / cm<sup>2</sup>. It is concluded that the concrete designed with recycled coarse aggregate has a similar mechanical behavior to concrete made with coarse natural aggregate, noticing a slight advantage from the first: therefore recommended for use in the manufacture of a conventional concrete.

**Keywords:** Added recycled concrete, concrete, compressive strength of concrete.



# **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**



El concreto reciclado es el derivado de actividades de demolición y construcción de estructuras de concreto, de igual manera a las carpetas de rodadura en pavimentos de concreto rígido. De esta manera se tienen desechos de este material que no es posible verterlos o disponerlos adecuadamente.

En diversos países a nivel mundial, el estudio del concreto reciclado es una práctica constante. En Europa se hace uso del agregado de concreto reciclado en un 30% en una mezcla con agregados naturales (diseño convencional). Luego realizan las modificaciones de mezclas en la proporción de agua/cemento. No se han encontrado diferencias en la durabilidad y resistencia del concreto. (Mukesh Limbachiya 2003).

En México el reciclaje de concreto para fabricar agregados y sustituir a los naturales ya es un hecho; ya que la disponibilidad de bancos de materiales pétreos es cada día más escasa. (Martínez y Mendoza 2005).

En la ciudad de Cajamarca aún no se realiza investigaciones que nos conlleven a beneficios con el uso de materiales pétreos reciclados, por lo que no podemos afirmar cuánta cantidad de concreto reciclado es necesaria para encontrar un  $f'c$  adecuado.

A pesar de que ya se presenta dificultades en encontrar agregados naturales de manera inmediata; a razón del crecimiento del sector construcción, aún no se ha resuelto éstos inconvenientes.

Ésta problemática, nos da lugar a la siguiente interrogante: *¿Cuál es el impacto del uso del agregado grueso obtenido del concreto reciclado, en la resistencia mecánica de un nuevo concreto?*, para lo cual también se planteó la siguiente hipótesis: El concreto elaborado con agregado grueso reciclado tiene propiedades físicas y mecánicas, menores a las que tiene un concreto obtenido con agregados naturales.

Razón por la cual se pretende con el presente proyecto buscar una solución que permita reutilizar estos desechos buscándoles un uso adecuado; dándole consecuentemente reparo a los gastos económicos y beneficiando el medio ambiente. Se diseñará un concreto con  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, ya que es la



resistencia más utilizada en la localidad. Paralelamente se estudiará los efectos causados por los agregados intervinientes; así como sus propiedades físicas y mecánicas.

Toda la información recopilada será de gran utilidad para futuras investigaciones, en relación al tema de concreto elaborado y diseñado con materiales reciclados,

Los materiales que se utilizarán, serán provenientes de los pavimentos rígidos, de la ciudad de Cajamarca

De acuerdo al presente proyecto se tendrá que hacer el estudio del desperdicio de concreto de pavimento rígido, por consiguiente puede darse distintos tipos de resultados entre el concreto reciclado y natural; como por ejemplo, la obtención de un  $f'c$  igual o similares, así cómo también puede darse el caso de que el  $f'c$  conseguido sea mayor o menor a un concreto convencional.

En ésta investigación se tiene el siguiente objetivo: Analizar y comparar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto diseñado con agregados naturales y el elaborado con agregado grueso obtenido de concreto reciclado en la provincia de Cajamarca.

### **1.1 Formulación Del Problema:**

El problema materia del presente estudio se puede sintetizar en la siguiente interrogante:

*¿Cuál es el impacto del uso del agregado grueso obtenido del concreto reciclado, en la resistencia mecánica de un nuevo concreto?*

### **1.2 Hipótesis:**

El concreto elaborado con agregado grueso reciclado tiene propiedades físicas y mecánicas, menores a las que tiene un concreto obtenido con agregados naturales.





### 1.3 Justificación de la investigación:

La ciudad de Cajamarca, como en la mayoría de ciudades del Perú, no cuentan con un apoyo por parte de las empresas constructoras que les ofrezca alguna modalidad de ahorro para las construcciones. Se suele edificar de una manera rápida, monótona y sin ningún interés de ahorro adicional. Cajamarca de por sí es una ciudad de escasa economía (52.9% de pobreza - dato estadístico hasta el año 2013), razón por la cual las viviendas de la mayoría de sus pobladores, tanto en zonas rurales como urbanas no cuentan con la seguridad adecuada en sus viviendas, por utilizar materiales económicos y de baja calidad.

Los materiales pétreos, están siendo escasos y aumentando sus costos, por la demanda que en la actualidad existe. No sólo en material aluvial, sino también material de ladera. Por ello el interés científico de la presente investigación, se basa en la importancia de encontrar alguna modalidad que hagan de las edificaciones, una necesidad que al satisfacerla sea económica para la población, y así mismo colaborar con la demanda de materiales pétreos.

Encontrando los beneficios que ofrecen las propiedades del concreto reciclado, se podrá beneficiar no sólo a un sector de la población, si no en todos los ámbitos sociales, ya que el concreto es el material más utilizado a nivel mundial

De ésta manera se anhela lograr un resultado positivo para la economía, logrando que la investigación sea de utilidad para distintas instituciones de construcción, quienes puedan brindar ayuda para el crecimiento de éste proyecto.

El interés investigativo, el esfuerzo humano, ético y profesional de indagar y proponer posibles soluciones sobre la problemática planteada, es una alternativa viable debido a que la población se encuentra al alcance de la investigación.



## 1.4 Alcances

La presente tesis tiene como fin principal evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto elaborado con agregado grueso reciclado en la provincia de Cajamarca, para determinar si éste es adecuado para fines estructurales o no.

Analizando la diferencia de las resistencia tanto del concreto obtenido con agregados naturales y el obtenido con agregado grueso reciclado, se determinara el ahorro que se puede obtener al sugerir el uso del concreto reciclado en la construcción de nuevas estructuras en nuestro medio.

Los resultados se trataran de difundir y constituir una base de referencia a los profesionales comprometidos con la industria de la construcción y servir además, como fuente bibliográfica para estudiantes de Ingeniería Civil y constituir la fuente de información para trabajos futuros de la misma naturaleza.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 *Objetivo General*

- Analizar y comparar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto diseñado con agregados naturales y el elaborado con agregado grueso obtenido de concreto reciclado en la provincia de Cajamarca.

### 1.5.2 *Objetivos Específicos*

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, del agua y del cemento que serán utilizados en el diseño del concreto reciclado
- Diseñar las mezclas de concreto con agregado reciclado, para una resistencia a la compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto en estado fresco.



- Elaborar, acondicionar y ensayar probetas estándar tanto con el concreto normal y con el concreto con agregado reciclado.
- Realizar un análisis comparativo de los resultados.



## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**



## 2.1 Antecedentes Teóricos De La Investigación:

### Referencias Internacionales

Hace ya algunos años atrás en diversos países se ha tenido la oportunidad de trabajar con la modalidad del concreto reciclado; ya que según datos estadísticos de la Iniciativa para el Cemento Sustentable, al año se generan 900 millones de toneladas de desperdicio de construcción y demolición en el mundo, según datos de la Iniciativa para el Cemento Sustentable.

#### **EN EUROPA.**

Mukesh Limbachiya (2003). Debido a las implicancias económicas y ambientales, la industria de la construcción de Europa experimenta una gran presión para superar la elevada producción de RCD.

#### **EN MEXICO.**

Cruz y Lázquez (2004) dice que el reciclaje del concreto demolido posee importantes atractivos frente a la utilización de materias primas naturales, la gran ventaja es que soluciona paralelamente la eliminación de estos materiales (material de demolición) y que por medio del aprovechamiento de estos materiales se reduce la cantidad de recursos naturales primarios a extraer.

Martínez y Mendoza 2005 revelo que los agregados de concreto reciclado con granulometría adecuada producen mezclas de buena calidad y con un comportamiento mecánico similar al de los concretos naturales.

#### **EN REINO UNIDO**

Se utiliza más concreto reciclado. La mayoría de ese material se usa para infraestructura



## EN JAPÓN

La nación asiática fabrica concreto con los desperdicios de la construcción de su red carretera.

### Referencias Nacionales

Alfredo Pintos (2013) nos revela lo siguiente. En el Perú se ha tenido la oportunidad de poder ser testigos en la elaboración de concreto con material reciclado; lo que ha compelido a utilizar esta tecnología en la construcción civil, ya que se tiene la necesidad de lograr un país con un medio ambiente idóneo y una economía estable, dando lugar al desarrollo nacional.

Este estudio fue presentado en un Congreso Internacional en Perú por el Equipo de investigación de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) Paraná, integrado por los ingenieros Gustavo Bolla, Patricia López, Susana Facendini, María Rugna, Eduardo Zamboni, José García Vitor y Víctor Badano.

En el estudio mencionado se extrajo material reciclado de la reparación de carreteras de hormigón y de los procesos industriales de generación de áridos, los cuales producen una importante cantidad de RCD y RP que actualmente son desechados sin destino cierto. Con un adecuado manejo del residuo existiría la posibilidad de incorporarlo en nuevas obras.

Dando como conclusión lo siguiente: la incorporación del agregado grueso reciclado en el hormigón produce un significativo aumento de la capacidad y velocidad de succión, parámetros que disminuyen con la incorporación de arenas.

### Referencias Locales

Hace poco tiempo se tuvo el agrado de poder tener en la Universidad Nacional de Cajamarca, el aporte del **Ing. Armando**



**Asencio Sangay**; quien en su trabajo de investigación pudo probar que el concreto diseñado con ambos agregados reciclados (grueso y fino) tiene un 15% menos de resistencia a la compresión que el concreto elaborado convencionalmente.

## **2.2 Bases Teóricas:**

### **2.2.1 Normas Legales**

#### **NORMAS TÉCNICAS REFERENCIADAS**

- NTP 339.034:2008 HORMIGÓN (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed. R. 001-2008/INDECOPI-CRT (2008-01-25).
- NTP 339.035:1999 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams. 2a. ed. R. 21-99-INDECOPI-CRT (1999-04-29).
- NTP 339.088:2006 HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos R. 13-2006/CRT-INDECOPI (2006-03-06).
- NTP 339.185:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. R. 48-2002-INDECOPI-CRT (2002-05-30).
- NTP 400.012:2001 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 2a. ed. R. 71-2001-INDECOPI-CRT (2001-07-17).
- NTP 400.017:1999 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. 2a. ed. R. 21-99-INDECOPI-CRT (1999-04-29).
- NTP 400.019:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores para abrasión e impacto en la máquina de los Angeles. 2a. ed. R. 7-2002-INDECOPI-CRT (2002-02-09).



- NTP 400.021:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. 2a. ed. R. 48-2002-INDECOPI-CRT (2002-05-30).
- NTP 400.022:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. 2a. ed. R. 48-2002-INDECOPI-CRT (2002-05-30).

## **CEMENTO**

- ASTM C150-07 Standard Specification for Portland cement.

### **Norma 400.050 (NTP)**

Manejo de residuos en la Actividad de la Construcción. Tiene como predecesora a la Norma 640 740 – Reciclaje de Residuos de demolición.

Esta norma tiene por objeto el buen manejo de residuos de la actividad de la construcción, indicando alternativas de reutilización o reciclaje.

### **Normas JIS A 5021, JIS A 5022 y JIS A 5023 (Norma técnica japonesa)**

Clasifica al Agregado Reciclado en tres categorías H, M y L; el primero de ellos hace referencia a un agregado de alta calidad, la categoría M es un agregado de mediana calidad y por último la L no cumple con los estándares altos, por lo tanto es un agregado de baja calidad. La clasificación en una u otra categoría se basa en los requisitos exigidos a sus propiedades físicas, a la reactividad álcali árido y al contenido de impurezas que contengan

### **Norma DIN 4226-100 (Norma técnica alemana)**

La norma DIN, se encarga de dividir al agregado en 4 categorías distintas:

TIPO 1: Son áridos que proceden mayoritariamente de residuos de hormigón o de áridos minerales. Presentan un contenido máximo de clinker, ladrillo y arenisca caliza del 10%.

TIPO 2: Son áridos que proceden mayoritariamente de residuos de hormigón o de áridos minerales en con un porcentaje mínimo del 70%. Presentan un contenido máximo de clinker, ladrillo y arenisca caliza del 30%.





TIPO 3: Son áridos que en su mayoría proceden de residuos cerámicos en una proporción mínima del 80%. Presentan un contenido máximo de materiales procedentes de hormigón o áridos minerales del 20%.

TIPO 4: Son áridos que en su mayoría proceden de una mezcla de RCDs con un contenido mínimo del 80% de material procedente de hormigón, áridos minerales o productos cerámicos

### **Norma BS-EN 206-1(Norma técnica de Reino Unido)**

Por último ésta norma clasifica de la siguiente manera:

RCA: Árido reciclado procedente de residuos de hormigón con un contenido máximo de impurezas como material cerámico, partículas ligeras, asfalto, vidrio, plástico, etc del 17%. La resistencia máxima recomendable del hormigón fabricado con este tipo de árido no superará los 40 N/mm<sup>2</sup>

RA: Árido reciclado procedente de materiales cerámicos o mezclado con hormigón. El contenido de materiales cerámicos puede ser del 100%. Se utiliza en hormigones pobres con resistencias a compresión que no llegan a los 20 N/mm<sup>2</sup>

### **2.2.2 Fundamentos Del Concreto**

Describimos al concreto habitual como la mezcla entre agregados (fragmentos de roca), agua y cemento; ésta última es denominada pasta de cemento, la cual debe ser de consistencia plástica. La mezcla de todos estos elementos finaliza con un producto endurecido, a consecuencia de reacción química que causa del agua con cemento:

Al referirnos a los agregados utilizados, decimos que se encuentran divididos en finos y gruesos; el agregado fino pasa por la malla de 3/8" (9.5 mm) y se queda retenido en la malla N° 200 (0.3 mm); mientras que el agregado grueso son las partículas que quedan retenidas en la malla N° 4 (4.76 mm) y en algunos casos pueden llegar hasta la malla N° 6 (150 mm). Normalmente suele utilizarse agregado con tamaño máximo nominal de 19 milímetros o 25 milímetros (3/4 pulgada o 1 pulgada). Al realizar la selección de los agregados debemos tener cuidado, ya que ellos



componen del 60 a 75% del volumen de la mezcla de concreto; además de estar exento de materiales que cause deterioro.

La pasta se compone de materiales cementantes, agua y aire atrapado. La pasta se constituye aproximadamente el 25 por ciento hasta el 40 por ciento del volumen total del concreto.

Podremos llegar a un resultado óptimo, es decir a un concreto de buena calidad, mientras que los componentes utilizados, llámese la pasta del cemento, los agregados, y la unión entre sí de ellos tengan una buena calidad, para ello la dosificación que se utilice tiene que también ser la adecuada.

De la relación agua / cemento ( $a/c$ ) depende la resistencia y la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida. La relación agua / cemento crece cuando aumenta la cantidad de agua y decrece cuando aumenta el contenido de cemento. En todos los casos, cuanto más baja es la relación agua / cemento tanto más favorables son las propiedades de la pasta de cemento endurecida.

Adicionalmente se puede mencionar la influencia de los aditivos químicos en el mezclado de concreto, ya que al ser utilizados cambia las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, mejorándolas.

#### **a. Concreto recién mezclado**

El concreto recién mezclado puede tener tres tipos de consistencia, según la dosificación utilizada y dependiendo de los materiales empleados, hablamos de una mezcla fluida, plástica y seca. Mas un concreto recién mezclado debe ser de consistencia plástica o semifluida, quiere decir que debe prestarse a ser moldeado a mano. De esta manera los agregados serán bien encasillados, no estarán predispuestos a la segregación, y el concreto al endurecer será una mezcla homogénea. Es necesaria una mezcla plástica para la resistencia y el mantenimiento de la homogeneidad



durante el manejo y la colocación.

Como una mezcla plástica es apropiada para la mayoría de las obras en concreto, se pueden usar los aditivos plastificantes, también llamados fluidificantes, para que el concreto fluya de manera más fácilmente en elementos delgados y reforzados.

#### **b. Mezclado**

Para el fin de obtener un concreto de buena calidad y homogénea, debemos basarnos también en el adecuado mezclado. Desde la secuencia de carga de materiales en la mezcladora hasta el volumen vertido en ella de acuerdo al tamaño del tambor; y a las condiciones de las paletas y el tambor mismo.

#### **c. Trabajabilidad**

La trabajabilidad del concreto nos hace referencia a que los materiales no deben separarse durante el transporte y manejo; se puede determinar bajo una adecuada supervisión y tipo de consolidación. Necesitamos que el grado de trabajabilidad sea adecuada para obtener una buena colocación.

Los factores que influyen en la trabajabilidad del concreto son: el método y la duración del transporte, la cantidad y características de los materiales cementantes, la consistencia del concreto, tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos, aires incluido, cantidad de agua, temperatura del concreto, aditivos y temperatura ambiental.

#### **d. Sangrado y asentamiento**

Sangrado (exudación) es el desarrollo de una lámina de agua en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y agregados) y simultáneamente la subida del agua hacia la superficie. Un poco de sangrado es útil en el control de la figuración por contracción plástica.

Tendremos en cuenta que si es excesiva, aumenta la relación



agua/cemento, cerca de la superficie puede ocurrir una capa débil y con poca durabilidad.

**e. Consolidación**

La consolidación permite el acomodo de partículas, reduciendo el rozamiento entre ellas; de esta manera se mejora la calidad y la economía, de lo contrario puede originarse un concreto poroso reduciendo su durabilidad. El concreto con la granulometría óptima del agregado es más fácil de consolidarse y colocarse.

**f. Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento**

La hidratación determina la calidad de adhesión y adherencia de la pasta de cemento, se debe a las reacciones químicas entre el cemento y el agua. Mientras el concreto se endurece, su volumen bruto permanece casi inalterado, pero el concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, los cuales no tienen resistencia. La resistencia está en las partes sólidas de la pasta, sobre todo en el silicato de calcio hidratado y en los compuestos cristalinos.

La tiempo que toma la reacción entre el cemento y el agua, es el factor que determina el tiempo de fraguado y endurecimiento; por tanto esta reacción inicial debe ser moderadamente lenta para que haya tiempo del transporte y colocación del concreto, una vez obtenido esto se necesario un endurecimiento rápido. Otros de los factores que también interviene son los aditivos, la cantidad de agua adicionada y la temperatura de los materiales.

**g. Concreto endurecido**

El endurecimiento del concreto se da de una manera progresiva luego de que el cemento y el agua estén en contacto dando lugar a una reacción química. Antes de su total endurecimiento, la mezcla experimenta dos etapas dentro de su proceso general que son: el fraguado inicial y el fraguado final. La primera etapa se logra dar cuando la mezcla pierde su plasticidad siendo así difícilmente trabajable. Seguidamente la mezcla



continúa endureciendo, hasta llegar a su segunda etapa alcanzando una dureza bastante apreciable y así entra ya en su fraguado final.

#### **h. Curado**

El aumento de la resistencia del concreto se da con la edad, desde el momento que el cemento no hidratado aún esté presente, que el concreto permanezca húmedo o la humedad relativa del aire, la temperatura del concreto permanezca favorable y haya suficiente espacio para la hidratación, para que estas condiciones se cumplan la Norma ASTM C-31 da referencia de tipos de curado.

El curado es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean reemplazados por los productos de la hidratación del cemento. El curado pretende controlar el movimiento de temperatura y humedad hacia dentro y hacia afuera del concreto. Busca también, evitar la contracción de fragua hasta que el concreto alcance una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos por ésta.

La falta de curado del concreto reduce drásticamente su resistencia.

Existen diversos métodos de curado: curado con agua, con materiales sellantes y curado al vapor y el curado al vapor tiene la gran ventaja que permite ganar resistencia rápidamente.

#### **i. Velocidad de secado del concreto**

La velocidad de secado del concreto únicamente está relacionada con la hidratación y el endurecimiento de manera indirecta. Al secarse el concreto, deja de ganar resistencia; el hecho de que esté seco, no es indicación que haya experimentado la suficiente hidratación para lograr las propiedades físicas deseadas.

#### **j. Resistencia del concreto**

La resistencia a la compresión del concreto, es uno de los principales factores que se logra determinar, para ver la calidad de la mezcla, así como



de los agregados utilizados. Dicha resistencia  $f_c$  se encuentra en función a la relación agua/cemento, de cuanto la hidratación ha progresado, del curado, de las condiciones ambientales y de la edad del concreto.

**k. Peso Unitario ( NTP 339.046)**

El concreto convencional normalmente usado tiene un peso unitario que varía de 2 240 hasta 2 460 kilogramos por metro cúbico. La masa volumétrica del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento.

**l. Permeabilidad**

La permeabilidad total del concreto al agua, está en función de la permeabilidad de la pasta, la permeabilidad y la granulometría del agregado, la calidad de la pasta y de la zona de transición del agregado y la proporción relativa de pasta y agregado.

**m. Resistencia a abrasión**

Se define como resistencia a la abrasión al grado de oposición de una superficie de concreto a ser desgastada por el roce y fricción. La resistencia a abrasión está fuertemente relacionada con la resistencia a compresión del concreto. Un concreto con mayor resistencia a compresión tiene más resistencia a abrasión que el concreto con menor resistencia a compresión.

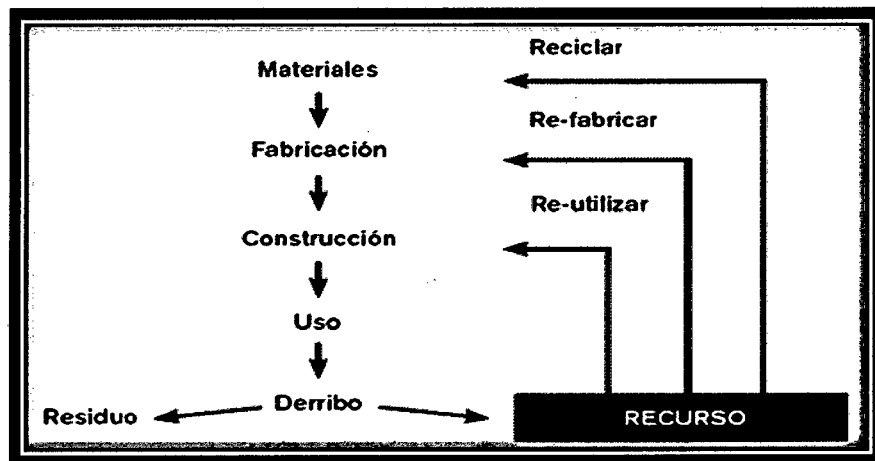


### 2.2.3 Concreto Reciclado

#### a. Definición

Para empezar se debe tomar en cuenta la descripción sobre residuo o desecho, el cual viene a ser material que se desecha después de que haya realizado un trabajo o cumplido con su misión, por lo tanto no tiene un aparente valor económico, a excepción de como sea el resultado final de algunos desechos que puedan ser reciclables; por ello los residuos pueden eliminarse (cuando se destinan a vertederos o se entierran) o **reciclarse** (obteniendo un nuevo uso).

*Figura 1: Forma de obtención de recursos*



Profundizando más en el tema del reciclado del concreto, diremos que el uno de los materiales con fines de reciclaje, es al escombro, productos de los RCD y RP, residuos de construcción y demolición; y residuos de procesos, respectivamente.



**Tabla I: Formas de Obtención de Concreto Reciclado**

ACTIVIDAD	TIPO DE OBRA	COMPONENTES PRINCIPALES
DEMOLICIÓN	Vivienda Edificios Obras Publicas	<u>Antiguas</u> : mampostería, ladrillo, madera, yeso, tejas etc.
		<u>Recientes</u> : ladrillo hormigón, hierro Acero, metales, escombros y plásticos
		<u>Industriales</u> : hormigón, acero, ladrillo Mampostería etc.
CONSTRUCCIÓN	Excavación	Tierra
	Edificación y Obras Publicas	Fierro, acero, ladrillos, bloques Tejas y Materiales no féreos
	Reconstrucción	Suelo, Roca, hormigón, cal Yeso, pavimento ladrillo y escombros
	Otros	Madera, plástico etc.

El concreto reciclado ya ha sido utilizado útilmente en otros países de una manera satisfactoria como agregado de sub - bases granulares, suelo - cemento y como reemplazo parcial de agregado nuevo.

La demolición de pavimentos es una buena fuente de acumulación de concreto reciclado, el cual será utilizado como agregado grueso en esta oportunidad para la elaboración de concreto.

El tema del reciclaje ya es un tema controversial que ha sido causal de que se tome mayor conciencia sobre la importancia de la salubridad y cuidado ambiental. Por consiguiente el reciclaje de escombros se ha vuelto una medida rentable económicamente en muchos países de la Unión Europea bajo una apropiada legislación. En teoría, una gran cantidad de los residuos de construcción y demolición pueden reciclarse o reutilizarse fácilmente. Por ello cada vez se ve la importancia de poder conocer más a fondo las propiedades del concreto reciclado y así poder ser aplicados en Sector Construcción.

Debe implementarse paulatinamente una cultura de progreso económico, social y cultural; y aceptar conseguir una aceptabilidad futura del material reciclado.





## **b. Disposición de residuos**

Durante mucho tiempo se ha tratado de encontrar la mejor manera de manejar los residuos sólidos, aún así hasta el momento se han basado en un sistema convencional de una serie de etapas operacionales desde que se generan los desechos, la evacuación segura y fiable, almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final.

A pesar de estos procesos se han depositado los residuos sólidos en el suelo de la superficie terrestre o de los océanos; el vertido en tierra es el método más común utilizado para la evacuación de residuos.

Con ciertas maneras de proceder con los desechos en muchas ocasiones la salud y el bienestar social se ha visto afectado, sobre todo cuando no se cumplía con las reglas de control lo suficientemente seguros como para minimizar efectos adversos para el ambiente y para la salud pública.

Los residuos que son resultados de construcciones o demoliciones de edificaciones y/o carreteras, son una de las principales causales de lo antes mencionado. Es por esta razón que hace algunos años se estudia la manera de poder reciclar los desechos de construcción civil. Una de estas maneras es la reutilización como material pétreo (agregado para concreto)

En la ciudad de Cajamarca hay diversos y distintos lugares de acopio de material, muchas de ellas sin licencia, y sólo se encuentran al aparente cuidado de habitantes aledaños a la zona.

## **c. Residuos de concreto depositado**

Cabe mencionar que cualquiera sea el lugar para el desecho de escombros, como cuencas hidrológicas, faldas de cerros o simplemente calles y pasajes, además de perjudiciales a la salubridad del medio ambiente, hacen que el paisaje sea de un aspecto desordenado.

## **d. Hechos precedentes de residuos de la construcción**

La supervivencia en el mundo se ha visto cada vez más afectada por la



realidad socio – cultural en la que vivimos, llámese falta de educación para el cuidado del medio ambiente o simplemente desinterés por el espacio donde subsistimos, si bien es cierto, países más desarrollados como Europa, Estados Unidos, Japón, Alemania, Australia, Bélgica, Holanda, han dado un paso adelante para que este tema tan controversial sea erradicado; también existen países tercermundistas (como el nuestro) que nos retrasamos en temas tan importantes como el que se está tratando.

Es importante acentuar que la propagación de desechos ha ido aumentando y variando en el tiempo, ya sea en la cantidad en la que se genera y la composición tanto química como física.

Aproximadamente entre los años 1950 y 1960 incrementó la contaminación, y al pasar los años se ha visto maneras de poder combatir dicha situación; asimismo en el Perú se generan 23 260 Tn/día, sólo en Lima 7918 Tn/día y en la ciudad de Cajamarca 940 Tn/día. A pesar de los intentos de querer contrarrestar en el Departamento de Cajamarca la contaminación, al parecer no existe una apropiada coordinación entre la población y el Gobierno Municipal.

Uno de los mayores gestores que generan residuos es el de construcción, ya sea por medio de demoliciones o construcciones (RCD) así como también por procesos (RP) – utilizados en obras viales – y a raíz de la cantidad producida es que distintos lugares en cualquier ciudad son puntos de acopio.

Se conoce también que en el año de 1946, Gluzhge, en Rusia, realiza una investigación que dio como resultado que el peso específico de el Concreto Reciclado es menor al de un concreto natural, mas en el ensayo de resistencia a la flexión con las mismas cargas, el resultado era opuesto, cabe resaltar que mientras usaban mayor cantidad de agregado fino de concreto, se tenía que utilizar mayor cantidad de cemento.

Es importante tener conciencia sobre todo lo hablado y podemos plantear lo siguiente:



#### **e. Usos del concreto reciclado actualmente**

El reciclado de RCD Y RP, ya es un hecho en la actualidad; aún así de trata de plantear maneras puntuales de combatir el problemas de los escombros. Profundizar en la búsqueda de su tratamiento y/o eliminación.

En el Perú en el año 2012, se planteó la utilización de concreto reciclado como agregado en un cierto porcentaje en la elaboración de concreto nuevo, para la construcción de viviendas provisionales, en ciudades en estado de emergencia después de acontecimientos telúricos de gran magnitud; como por ejemplo, Pisco (2007).

En otros países como El Reino Unido es el que utiliza más concreto reciclado. La mayoría de ese material se usa para infraestructura, como la construcción de los recintos para los Juegos Olímpicos de Londres en 2012.

Otro país que le da uso a sus materiales de residuo es Japón. La nación asiática fabrica concreto con los desperdicios de la construcción de su red carretera.

En Estados Unidos, Alemania, Australia, Bélgica, Holanda y los Emiratos Árabes Unidos también se aplican técnicas de recuperación de desperdicios de construcción.

#### **f. Procedencia**

El concreto reciclado procede de obras ya deterioradas por causas naturales, o edificadas inadecuadamente u obras que han cumplido su funcionalidad.

La procedencia de los escombros, es principalmente de:

Actividades como:

- Las construcciones
- Demoliciones
- Reparaciones



- Rehabilitaciones
- Desastres naturales
- Procedentes de ensayos de laboratorio

Tipos de construcción:

- Carreteras
- Obras Hidráulicas
- Edificios
- Entre otras.

La mayor parte de veces es más fácil encontrarlas de demoliciones o reparaciones de pavimentos.

#### **g. Beneficios económicos**

La economía en nuestro país, no es una novedad para los pobladores; por tal razón las personas (sobre todo en países tercermundistas como el nuestro) trata de buscar maneras de ahorrar dinero y sobre todo de ganarlo. La reutilización de materiales se ha convertido en un medio de poder evitar el gasto innecesario.

No sólo se logra darte este caso en sectores de pobreza media o extrema, sino también en Empresas exitosas, las cuales basan su éxito en el ahorro y rentabilidad. Si nos basamos en empresas del Sector Construcción, nos inclinamos en temas como maquinarias, mano de obra, materiales; este último engloba principalmente a los agregados que son requeridos en obra.

En esta oportunidad se puede observar que el concreto reciclado es un gran avance para lo antes mencionado; ya que este presenta un balance ambiental y técnico positivo, que si bien es cierto aún no puede entrar al mercado, tampoco se le puede dejar de lado. Dicha razón nos impulsa a presentar un trabajo que determine el buen uso que se le puede dar, y los grandes beneficios que traerán con él.



#### **h. Impacto ambiental**

Se conoce gran parte de factores que afectan al medioambiente, que han logrado estar inmersos a lo largo del tiempo en cada ciudad, quizá una más que otras, pero todas involucradas en cierto porcentaje. Uno de los factores por ejemplo son: las industrias (que generan en su mayoría contaminación atmosférica y marina), parque automotor que contribuye a la contaminación atmosférica, basura domiciliaria y no domiciliaria depositada en distintos espacios de la ciudad.

De la misma manera se tiene que dar a conocer un gran factor contaminante, el Sector Construcción, que por ser un campo laboral grande y basado en distintos ámbitos, aporta gran parte de contaminación; como por ejemplo; el impacto ambiental que genera la eliminación de una estructura, ya sea parcial o total, el impacto de los desastres naturales en las construcciones y los residuos que generan laboratorios e industrias de materiales de construcción hacen una gama notable de residuos que causan un impacto en el medio ambiente.

Todos los residuos mencionados ocupan grandes espacios, provocando problemas medio ambientales, degradando el paisaje a causa de los polvos que eliminan.

Es un verdadero reto encontrar la mejor manera de manejar todos los desechos que a nuestro paso encontramos, y sobre todo los procedentes de la construcción que se han ido extendiendo por toda la ciudad. Mas estos últimos pueden ser de gran ayuda al ser reciclados e implementados de diversas formas.

Como se ha ido mencionado la Gestión de desperdicios es un gran aporte para la protección medio ambiental, de esta manera es posible minimizar las cantidades de residuos; los cuales pueden ser reciclados y dándole un mejor fin, reutilizados. De esta manera se está protegiendo nuestra localidad y preservando la naturaleza.

Debemos recordar que los encargados de los diferentes ámbitos del sector



construcción, así mismo con los encargados de otros sectores industriales, están en todo el deber de afrontar problemas que se acarrearán a partir de los antes mencionados; y cabe la posibilidad que a raíz del tema de investigación, sea un buen comienzo para la resolución de muchas contrariedades. Todas estas medidas deben ser tomadas tanto en instituciones públicas como en privadas.

No podemos permitir que la contaminación, los problemas de salud, el deterioro del espacio público, ocasionados por los problemas identificados por la acumulación indiscriminada de residuos, sigan incidiendo en nuestra comunidad.

#### **2.2.4 Los Agregados**

Resultantes de la desintegración natural o desgaste de las rocas o de otros productos artificiales, que permiten obtener partículas de forma y tamaño estables, destinadas a ser empleados en hormigones, donde ocupan casi un 75% del volumen, siendo envueltos por la pasta cementicia, y en mezclas asfálticas, donde ocupan casi un 95%, siendo envueltos por el asfalto.

##### **a. Clasificación**

Se clasifican los agregados en gruesos o finos. Es grueso cuando el 95% o más queda retenido sobre el tamiz N° 4 y es fino cuando el 95% como mínimo pasa por el tamiz N° 4.

##### **Agregado Fino**

El agregado fino o arena se usa como para llenar los vacíos de la mezcla de concreto, además actúa como lubricante sobre los que ruedan los agregados gruesos dándole manejabilidad al concreto.

Una falta de arena se refleja en la aspereza de la mezcla y un exceso de arena demanda mayor cantidad de agua para producir un asentamiento determinado, ya que entre más arena tenga la mezcla se vuelve más cohesiva y al requerir mayor cantidad de agua se necesita mayor cantidad de cemento para conservar una determinada relación agua cemento



### **Agregado Grueso Natural**

Es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada (agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas) y grava.

Teniendo en cuenta que el concreto es una piedra artificial, el agregado grueso es la materia prima para fabricar el concreto. En consecuencia se debe usar la mayor cantidad posible y del tamaño mayor, teniendo en cuenta los requisitos de colocación y resistencia.

#### **b. Norma ASTM C33**

Esta especificación define los requisitos para granulometría y calidad de agregado fino y grueso para utilizar en concreto.

Esta especificación es considerada como adecuada para asegurar materiales satisfactorios para la mayoría de los concretos. Se reconoce que, para ciertos trabajos o en ciertas regiones, puede ser más o menos restrictiva que lo necesario. Por ejemplo, donde lo estético es importante, límites más restrictivos pueden ser considerados atendiendo a las impurezas que ensuciarían la superficie del concreto.

#### **c. Granulometría (ASTM C33)**

Es necesario saber los límites granulométricos de los agregados para poder obtener un tamaño adecuado y así lograr una mezcla de concreto idónea. El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites que se muestran en la tabla **(Tabla II – Pág. 39)**. Un buen agregado fino debe ser bien graduado para que puedan llenar todos los espacios y producir mezclas más compactas. El agregado fino no deberá tener más de 45 por ciento retenido entre dos tamices consecutivos y su módulo de finura deberá estar entre 2,3 y 3,1. En el caso del el agregado grueso también debe cumplir con ciertos límites granulométricos para poder lograr una mezcla trabajable, por ende



una resistencia adecuada. La granulometría del agregado grueso con un determinado tamaño máximo puede variar moderadamente dentro de un rango, sin que afecte apreciablemente las demandas de cemento y agua de la mezcla. Las aberturas del agregado grueso varían de 1,18 milímetros (0,046 pulgadas) a 100 milímetros (4 pulgadas).

Tabla II: Husos granulométricos del Agregado Grueso

MALLA		LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
N°	mm		
2	50	100%	100%
1 ½	37.5	90%	100%
1	25.4	20%	55%
¾	19	0%	15%
½	12.7	0%	10%
3/8	9.51	0%	5%
N° 4	4.76	0%	0%

Tabla III: Husos granulométricos del agregado fino

MALLA		LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR
N°	mm		
3/8	9.5	100%	100%
4	4.76	100%	95%
8	2.36	100%	80%
16	1.18	85%	50%
30	0.6	60%	25%
50	0.3	30%	10%
100	0.15	10%	2%
200	0.3	0%	0%

#### d. Agregado Grueso Reciclado

Posee las mismas características que el agregado grueso natural, por ende debe cumplir con los mismas propiedades y debe estar conforme a las normas que también rigen al agregado natural.

En esta investigación se presenta el mismo proceso para encontrar sus





propiedades y para realizar un diseño de mezcla.

Tiene las mismas funciones, por ejemplo cabe mencionar que de la misma manera es materia prima para la fabricación del concreto.

El agregado proveniente de roca triturada puede tener partículas susceptibles a elementos alcalinos, al ataque de sulfatos y materia orgánica especialmente en los poros de un concreto de reciente fabricación.

### **2.2.5 Propiedades De Los Agregados**

#### **1. Peso Específico (NTP 400.021 – NTP 400.022)**

Es la relación entre el peso y el volumen del material sólido. El peso específico de muchos de los agregados de origen natural ronda alrededor de 2,65gr/cm<sup>3</sup>, tal como en los agregados silíceos, calcáreos y granitos, con las excepciones del basalto que está en 2,90 gr/cm<sup>3</sup>, areniscas en 2,55 gr/cm<sup>3</sup> y la cuarcita en 2,50 gr/cm<sup>3</sup>.

Generalmente el peso específico es usado para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contengan agregados como los son el concreto de cemento portland, el concreto bituminoso, u otras mezclas que están proporcionales o analizadas sobre un volumen básico, el peso específico es también usada en el cálculo de vacíos en el agregado.

*Fórmula:*

*Pe: Peso Específico*

- **Para el Agregado fino:**

V: Volumen del frasco utilizado en ensayo

Wo: Peso en el aire de la muestra secada en estufa

Va: Peso en gr o volumen en cm<sup>3</sup> del agua añadida en frasco



- **Para el Agregado grueso:**

A: Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

B: Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)

C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr)

<b>Agregado Fino</b>	<b>Agregado Grueso</b>
$Pe = \frac{W_o}{V - V_a}$	$Pe = \frac{A}{B - C}$

## 2. **Peso Unitario Seco Compactado y Peso Unitario Seco Suelto (ASTM C138)**

El peso unitario de un agregado es la relación entre el peso de una determinada cantidad de este material y el volumen ocupado por el mismo, considerando como volumen al que ocupan las partículas del agregado y sus correspondientes espacios intergranulares.

Hay dos valores para esta relación, dependiendo del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material inmediatamente antes de la prueba; la denominación que se le dará a cada uno de ellos será **Peso Unitario Seco Suelto (PUSS)** y **Peso Unitario Seco Compacto (PUSC)**. Ambos sirven para establecer relaciones entre volúmenes y pesos de estos materiales.

**Fórmula:**

*PU: Peso Unitario*

Factor f: *f*

$$PU = f * \text{Peso de la muestra(suelta o compactada)}$$

## 3. **Contenido de Humedad (NTP 339.185)**

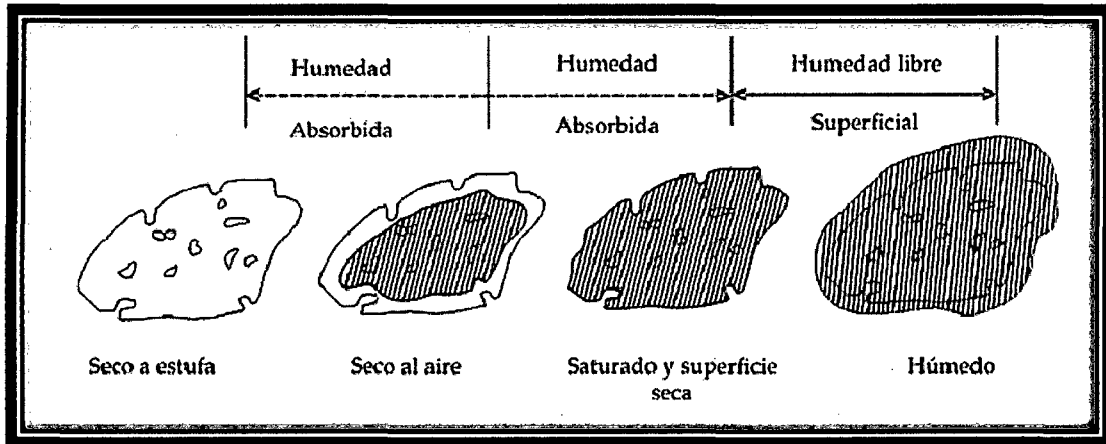
Por aquellos poros o capilares que están interconectados con la superficie puede ingresar el agua, hasta saturar los mismos, para luego quedar retenida en la superficie de las partículas formando



una película adherida a las mismas.

Con estas descripciones pudieron hacerse los ensayos correspondientes a las propiedades de los agregados

**Figura 2: Tipos de Contenido de Humedad**



*Fórmula:*

H: Peso del agua evaporada (MS - MH)

MS: Peso de la muestra seca

$$W\% = \frac{H}{MS} \times 100$$

#### 4. Porcentaje de Absorción

Se define como el incremento de peso de un árido poroso seco, hasta lograr su condición de saturación con la superficie seca, debido a la penetración de agua a sus poros permeables. La absorción es el valor de la humedad del agregado cuando tiene todos sus poros llenos de agua, pero su superficie se encuentra seca. Si la humedad del agregado es inferior a la absorción, se deberá agregar más agua al hormigón para compensar la que absorberán los agregados.

*Fórmula:*

- **Para el Agregado fino:**

V: Volumen del frasco utilizado en ensayo

Wo: Peso en el aire de la muestra secada en estufa



Va: Peso en gr o volumen en  $\text{cm}^3$  del agua añadida en frasco

- **Para el Agregado grueso:**

A: Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

B: Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)

C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr)

<b>Agregado Fino</b>	<b>Agregado Grueso</b>
$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$	$Ab = \frac{B - A}{A}$

## 5. Materia orgánica

Retarda el proceso de hidratación del cemento. En las arenas naturales la determinación del contenido de materia orgánica debe efectuarse siempre, mientras que en los agregados gruesos solamente en aquellos que tengan una porción apreciable de partículas finas. El ensayo consiste en colocar la muestra de arena en una solución de hidróxido de sodio al 3%, agitar y dejar reposar durante 24 horas. Los granos de arena sedimentan y la solución toma distintas tonalidades. Comparando este color con una escala colorimétrica puede obtenerse una valoración de la cantidad de materia orgánica. Cuando da un resultado superior al límite, se debe realizar un estudio comparativo de resistencia realizado sobre dos series de probetas, una con la arena en estudio y otra con la misma arena previamente lavada con hidróxido de sodio. La diferencia de resistencia entre las dos series no debe ser mayor del 5 % a la edad de 7 días.

## 6. Sales solubles

La presencia de sales como ser los sulfatos reaccionan con el aluminato tricálcico del cemento provocando expansiones; los cloruros atacan las armaduras y los carbonatos aumentan el pH



del hormigón lo que puede ocasionar el retardo del proceso de hidratación.

## 7. Resistencia a la Abrasión (NTP 400.019)

En los agregados gruesos una de las propiedades físicas en los cuales su importancia y su conocimiento son indispensables en el diseño de mezclas es la resistencia a la abrasión o desgaste de los agregados.

Con ella se conoce la durabilidad y la resistencia que tendrá el concreto para estructuras simples o estructuras que requieran que la resistencia del concreto sea la adecuada para ellas.

Da a conocer del agregado grueso el porcentaje de desgaste que este sufrirá en condiciones de roce continuo de las partículas y las esferas de acero. Esto nos indica si el agregado grueso a utilizar es el adecuado para el diseño de mezcla.

Este método cubre el procedimiento para ensayos de agregado grueso menores de 1½ pulgadas (37,5 milímetros), para determinar su resistencia al desgaste en la máquina de Los Ángeles.

*Fórmula:*

*De: Porcentaje de resistencia a la abrasión*

Wo: Peso original

Wf: Peso final

$$De = \frac{Wo - Wf}{Wo} \times 100$$



### **2.2.6 Diseño de mezclas de concreto**

El proporcionamiento de mezclas de concreto, mas comúnmente llamado diseño de mezclas es un proceso que consiste de pasos dependientes entre si:

- a) Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).
- b) Determinación de sus cantidades relativas “proporcionamiento” para producir un, tan económico como sea posible, un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.

Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular los cuales a su vez dependerán de la aplicación particular del concreto. También podrían ser considerados otros criterios, tales como minimizar la contracción y el asentamiento o ambientes químicos especiales.

#### **Información requerida para el diseño de mezclas**

- Análisis granulométrico de los agregados
- Peso unitario compactado de lo agregados (fino y grueso)
- Peso específico de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)
- Perfil y textura de los agregados
- Tipo y marca del cemento
- Peso específico del cemento
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

#### **Pasos para el proporcionamiento**

1. Podemos resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:
2. Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de obra.



3. Elección de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ).
4. Elección del Asentamiento (Slump)
5. Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
6. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
7. Selección de la relación agua/cemento ( $a/c$ ).
8. Cálculo del contenido de cemento.
9. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
10. Ajustes por humedad y absorción.
11. Cálculo de proporciones en peso.
12. Cálculo de proporciones en volumen.
13. Cálculo de cantidades por tanda.

#### A. Selección de tamaño máximo del agregado

La Norma Técnica de Edificación E. 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- a)  $1/5$  de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- b)  $1/3$  del peralte de la losa; o
- c)  $3/4$  del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de presfuerzo.

El tamaño máximo nominal determinado aquí, será usado también como tamaño máximo simplemente.

#### B. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire

En la tabla preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.



**Tabla IV: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.**

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)		Agua en $lt/m^3$ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
		10mm (3/8")	12.5mm (1/2")	20mm (3/4")	25mm (1")	40mm (1 1/2")	50mm (2")	70mm (3")	150mm (6")
<b>CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO</b>									
30 a 50 80 a 100 150 a 180	(1" a 2") (3" a 4") (6" a 7")	205 225 240	200 215 230	185 200 210	180 195 205	160 175 185	155 170 180	145 160 170	125 140 —
Cantidad aproximada de aire atrapado (%).		3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO</b>									
30 a 50 80 a 100 150 a 180	(1" a 2") (3" a 4") (6" a 7")	180 200 215	175 190 205	165 180 190	160 175 185	145 160 170	140 155 165	135 150 160	120 135 —
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición.	Exposición suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5*	1.0*
	Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5*	3.0*
	Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5*	4.0*

C. Elección de la relación agua/cemento (a/c)

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones.

C.1. Por resistencia

**Tabla V: Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.**

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS ( $f'_{cr}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )*	RELACION AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71





## C.2. Por durabilidad

CONDICIONES DE EXPOSICION	RELACIÓN AGUA/CEMENTO MÁXIMA.
Concreto de baja permeabilidad:	
a) Expuesto a agua dulce.	0.50
b) Expuesto a agua de mar o aguas salobres.	0.45
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales. (*)	0.45
Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda:	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45
b) Otros elementos.	0.50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.	0.40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45

## D. Cálculo de contenido de cemento

$$\text{Contenido de cemento (kg / m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (lts/m}^3\text{)}}{\text{Relación a/c (para } f'_{cr}\text{)}}$$

$$\text{Volumen de cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de cemento (kg)}}{\text{Peso específico del cemento (kg/m}^3\text{)}}$$



E. Método del módulo de fineza de la combinación de agregados

**Tabla VI: Módulo de fineza de la combinación de agregados**

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso		Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.				
mm.	Pulg.	5	6	7	8	9
10	3/8	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
12.5	1/2	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
20	3/4	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
25	1	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
40	1 1/2	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
50	2	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
70	3	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

De la tabla VI obtenemos el módulo de fineza de la combinación de agregados (  $m_c$  ), al mismo tiempo contamos, previamente, con valores de los módulos de fineza del agregado fino (  $m_f$  ) y del agregado grueso (  $m_g$  ), de los cuales haremos uso para obtener el porcentaje de agregado fino respecto al volumen total de agregados mediante la siguiente fórmula:

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \times 100$$

Donde:  $r_f$  : Porcentaje del volumen de agregado fino con respecto al volumen total de agregados. Entonces los volúmenes de agregado fino y agregado grueso por metro cúbico de concreto son:

$$Vol.total\ de\ agregados = 1 - (Vol.agua + Vol.aire + Vol.cemento)$$

$$Vol.agregado\ fino\ (m^3) = \frac{r_f}{100} \times (Vol.total\ de\ agregados)$$

$$Vol.agregado\ grueso\ (m^3) = Vol.total\ de\ agregados - Vol.agregado\ fino$$



Por tanto, los pesos de los agregados en un metro cúbico de concreto son:

$$\text{Peso agregado fino (kg / m}^3\text{)} = (\text{Vol. agregado fino}) (\text{Peso específico del agregado fino})$$

$$\text{Peso agregado grueso (kg / m}^3\text{)} = (\text{Vol. agregado grueso}) (\text{Peso específico del ag. grueso})$$

### **2.2.7 Ensayo de Compresión del Concreto (NTP 339.034):**

La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades corrientes utilizadas en EEUU o en megapascales (MPa) en unidades SI. Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 2.500 psi (17 MPa) para concreto residencial hasta 4.000 psi (28 MPa) y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 10.000 psi (70 MPa) y más.

Por definición un ensayo de resistencia corresponde al promedio de la resistencia de dos probetas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, ensayados a los 28 días.

O, (Nuevo en ACI 318.08) un ensayo de resistencia corresponde al promedio de la resistencia de tres probetas de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura, ensayados a los 28 días.

La resistencia a la compresión es CONFORME si:

- Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos a 28 días será mayor o igual a  $f'_c$ .
- Ningún ensayo individual de resistencia será menor que  $f'_c$  en más de 35 kg/cm<sup>2</sup> cuando  $f'_c$  es 350 kg/cm<sup>2</sup> o menor.
- Ningún ensayo individual de resistencia será menor que  $f'_c$  en más de 0.10 $f'_c$  cuando  $f'_c$  es mayor a 350 kg/cm<sup>2</sup>.



Figura 3: Tipo de fallas

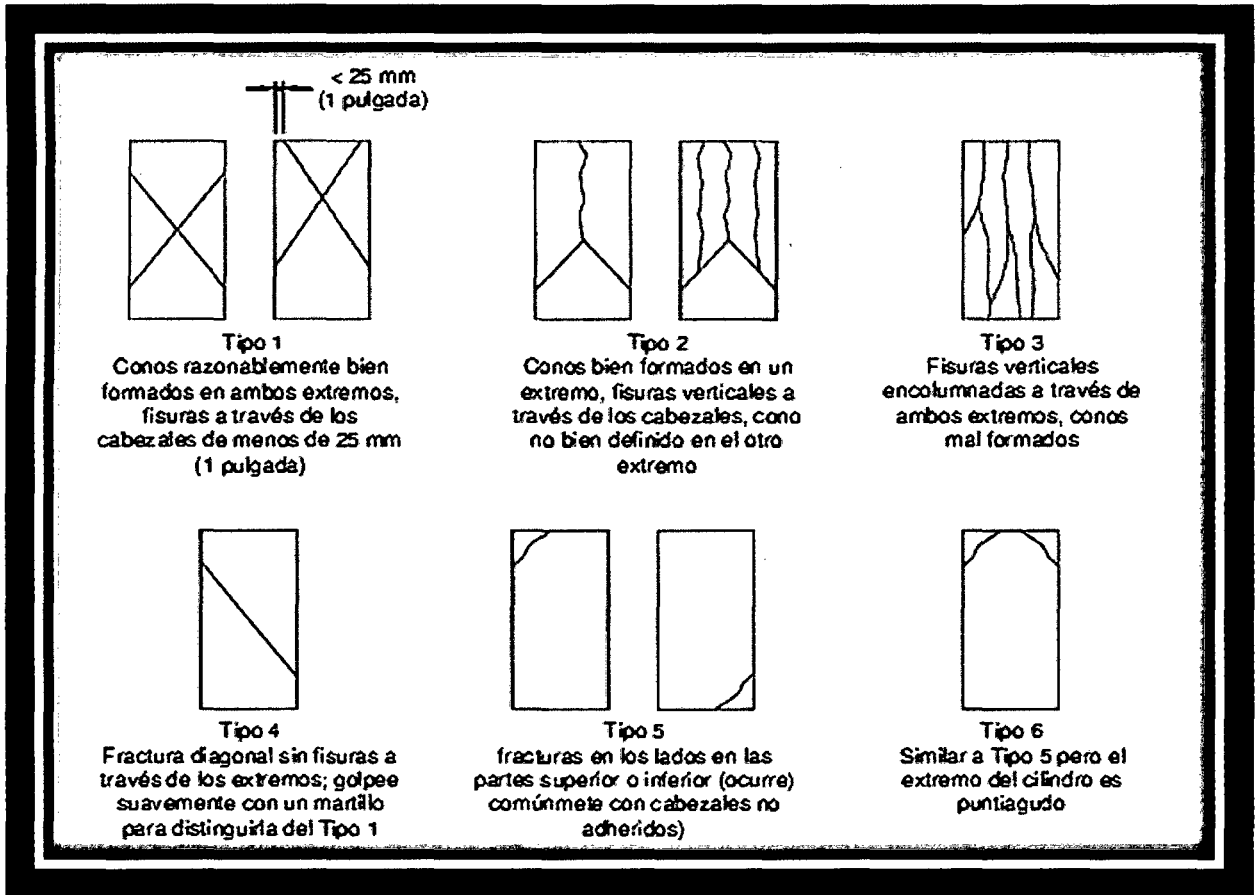
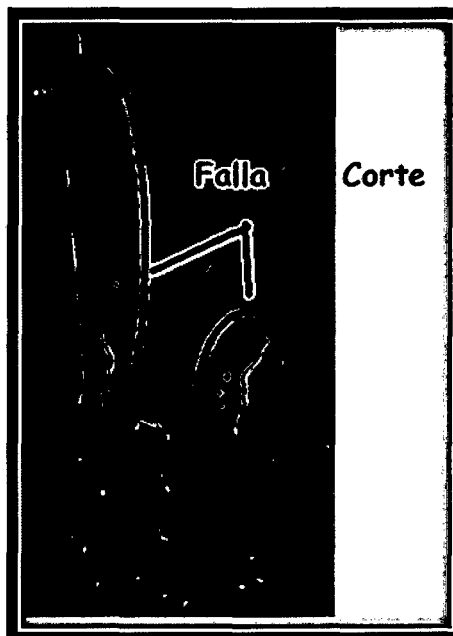


Figura 4: Falla tipo 3





### 2.3 Definición De Términos Básicos:

- **Agregados naturales.** Se entiende por "agregado" a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable.
- **Agregados reciclados.** Agregado obtenido de concreto reciclado, después de un proceso de trituración.
- **Concreto.** Material formado principalmente por un aglomerante al que se añade partículas de agregado, cierta cantidad de agua y en algunos casos aditivos específicos.
- **Concreto normal.** Concreto elaborado con material naturales descritos con anterioridad, sin ningún tipo de alteración.
- **Concreto reciclado.** Concreto obtenido de RCD (residuos de construcción y demolición) y RP (residuos de procesos) para lograr agregado grueso para que sea utilizado en la elaboración de concreto.
- **Control de calidad del concreto.** Conjunto de procedimientos técnicos planeados cuya práctica permite que el concreto cumpla con los requisitos especificados, al menor costo posible.
- **Diseño de mezclas de concreto.** El concreto se hace a base de diseños por lo que están sujetos a cambios y modificaciones para optimizarlos
- **El agua como componente del concreto.** El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.
- **El cemento.** Conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua.
- **El aire en el concreto.** Para poder regular proporciones de aire en una mezcla nos referiremos directamente a una buena compactación mediante un vibrado a través de algunos métodos aplicables.
- **La pasta.** Mezcla del cemento más agua, aquella parte del concreto endurecido.
- **Mortero.** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.



- **Propiedades físicas de los agregados.**
  - Densidad
  - Porosidad
  - Peso Unitario
  - Porcentaje de Vacíos
- **Propiedades del concreto en estado fresco.** El concreto se encuentra en estado fresco cuando su estado es plástico y moldeable. Las propiedades son las siguientes:
  - Uniformidad
  - Peso unitario
  - Tiempo de fraguado
  - Exudación
  - Segregación
  - Consistencia
  - Trabajabilidad
- **Propiedades del concreto en estado endurecido.** Después de que el concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y endurece. Las propiedades del concreto endurecido son resistencia y durabilidad.
- **RCD.** Residuos de construcción y demolición
- **RP.** Residuos de procesos.



## **CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS**



### 3.1 Toma de muestras

En esta investigación, para cada ensayo, de cada tipo de agregado (agregado grueso reciclado y natural, agregado fino) las muestras representativas han sido tomadas de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339; para la determinación de cada propiedad se precisaba cierta cantidad tanto de agregado fino y grueso. Para el agregado grueso, en ambos casos, las porciones en cada ensayo han sido las mismas; ya que el agregado grueso reciclado también requería ser analizado de la misma manera

### 3.2 Procedencia de los agregados

#### 3.2.1 Localización

##### ✓ Material Reciclado

El concreto reciclado se encontraba en Shudal, lugar donde había sido depositado, luego de haber desechado escombros de pavimento. Dichos escombros se obtuvieron a razón de que el pavimento en mención iba a ser mejorado. El mejoramiento se hizo en la Av. Independencia Cdra. 6.

El concreto reciclado requerido fue transportado en un volquete de 5 cubos, hacia el lugar donde se ubica la trituradora.

##### ✓ Material Natural

**Ubicación:** Baños Del Inca – Cajamarca

**Procedencia:** Origen aluvial - chancada.

**Cantera:** Acosta (Rio Chonta)

#### 3.2.2 Descripción de la muestra reciclada

La materia prima escogida, se encontró en fragmentos de dimensiones





entre 30 cm hasta aproximadamente 1 metro, estas rocas fueron rompiéndose para lograr obtener fragmentos más pequeños que puedan ser manipulados y luego procesados en la trituradora.

A los días siguientes, fue tomada la resistencia del concreto (en diversas muestras) con ayuda de el esclerómetro. Los resultados de este ensayo son mostrados en la tabla (*Tabla XIII – Pág. 63*).

### **3.2.3 Obtención del agregado reciclado**

En muchas ocasiones la trituración del material se hacía de forma manual, mas no se conseguía fracciones más pequeñas, para así poder ser utilizadas como agregado grueso; por ello en esta oportunidad se pudo realizar el proceso de trituración de una manera más fácil y práctica, esto se llevó a cabo en la Trituradora.

El proceso de obtención del agregado grueso del concreto reciclado, es similar al de obtención de agregado de distinta granulometría.

## **3.3 Equipo y maquinaria**

Para poder lograr el tamaño deseado de el agregado, se necesita una máquina trituradora. Anterior a este proceso de requiere mazos para poder hacer más pequeños los fragmentos de concreto, o simplemente haciendo uso de la fuerza humana para poder lanzar los grandes trozos de pavimento y así romperse.

### **3.3.1 Método de trituración para material reciclado**

Como ya se describió en líneas anteriores, en esta ocasión se ha utilizado un método de trituración más eficaz y rápido; se ha hecho uso de la trituradora, ubicada en el Distrito de Baños del Inca.

El proceso no ha sido de gran demora; y la granulometría del agregado ha sido obtenida de acuerdo al pedido que se hizo; por ello se puede afirmar



que con el reciclaje de cualquier concreto, puede obtenerse agregado grueso de cualquier tamaño máximo que se desee. De igual manera se puede obtener agregado fino.

### **3.4 Materiales y Procedimiento:**

#### **3.4.1 Materiales:**

- Probetas de 4" x 8"

En las normas ASTM C31 proponen en sentido estricto que para la evaluación de la calidad del concreto en función de su resistencia a la compresión se fabriquen muestras de forma cilíndrica cuyo diámetro sea de 15 cm y su altura de 30cm (15x30). Así mismo en la Norma NTP 339.033 aplica el procedimiento para ensayos de aceptación del concreto con las dimensiones ya mencionadas: pero es necesario mencionar que para los ensayos a la compresión del concreto se pueden utilizar probetas que cumplan con un diámetro 3 veces mayor que el diámetro del agregado utilizado. Así mismo es necesario mencionar que de acuerdo a la Norma NTP 339.034, las probetas de dimensiones 4" x 8" pueden utilizarse para resistencias entre 17 MPa y 32 MPa. Tomando éstas especificaciones en esta oportunidad se han utilizado probetas de 4" x 8" (10 cm x 20 cm).

De acuerdo al Reglamento CIRSOC 201 – 05 (**Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles**) - Reglamento argentino - establece que no se debe efectuar corrección de los resultados de ensayo por tamaño de la probeta. En resumen, el Reglamento CIRSOC 201-05 acepta el control empleando probetas de 10 x 20 cm siempre que el TMN sea de 3/8", 1/2", 3/4" y, en algunos casos, de 1"; y no se debe realizar ninguna corrección en la tensión de rotura de probetas; es decir, les da la misma jerarquía que a las probetas de 15 x 30 cm.

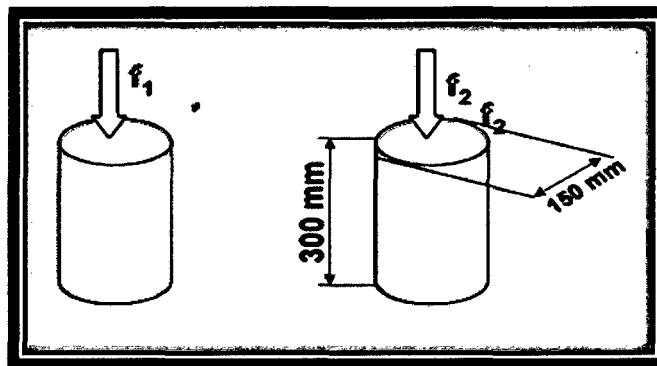
En la mayoría de los laboratorios del país dedicados al control de calidad de los materiales de construcción utilizan máquinas cuya capacidad



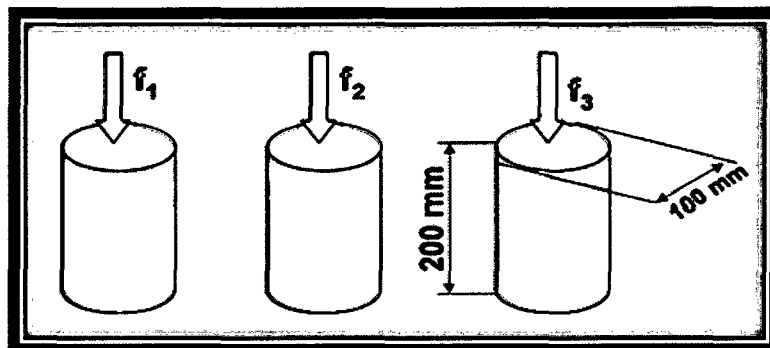
máxima no excede en más de 250000 libras, el problema se da cuando se necesite ensayar concretos de altas resistencias como las de 450 o 500  $\text{kgcm}^2$ , lo que supone que se genere una fuerza mínima de 175000 a 195000 libras con lo cual las máquinas se desarrollan a su mayor capacidad, generándose en consecuencia daños progresivos y a veces irreparables en su mecanismo.

En este caso, se ha analizado los resultados obtenidos en probetas cilíndricas de menor dimensión (10 cm x 20 cm) con el fin de generar un menor esfuerzo en la máquina y determinar su relación con probetas de tamaño estándar elaboradas con la misma mezcla.

**Figura 5: Probetas para el ensayo de resistencia de probetas de 15 cm x 30 cm**



**Figura 6: Probetas para el ensayo de resistencia de probetas de 10 cm x 20 cm**





Para las probetas con estas dimensiones se tienen especificaciones y reglas que han sido respetadas en el proceso de la investigación, para que todo sea llevado apropiadamente.

- La norma que avala este procedimiento es NTP 339.183, la cual nos exige a utilizar una varilla lisa de 3/8" y 30 cm de largo.
- Los golpes que se dan por cada capa de llenado en el espécimen, son también 25.
- A diferencia de las probetas estándar de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de altura; las utilizadas son llenadas por sólo dos de capas de la mezcla de concreto.
- Los especímenes fueron hechos por tubos de PVC, los cuales llevaba por base tapones, también del mismo material. Los cuales permitían que el concreto este nivelado su base.
- El problema pudo haberse dado por no haber colocado almohadillas de neopreno en los extremos de las probetas, quizá interviniendo en la resistencia del concreto.
- Se trabajó con probetas estándar para los ensayos de prueba (Especímenes de 6 pulgadas por 12 pulgadas).

***Además se utilizaron:***

- Agregado grueso natural: El agregado fue obtenido de la Trituradora Roca Fuerte proveniente del Río Chonta, se utilizó un Tamaño Máximo Nominal de 1".
- Agregado grueso reciclado: El agregado grueso reciclado se logró conseguir del material que se encontraba acopiado en la Quebrada de Shudal, el pavimento rígido es proveniente de la carretera que estaba en reparación en la Av. Independencia cuadra 6.  
Se verificó el f'c del concreto con la prueba del esclerómetro y se pudo verificar que era de 219 kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente.
- Agregado fino natural: Se obtuvo de la misma manera que el agregado grueso natural.
- Especímenes de 4 pulgadas por 8 pulgadas de PVC
- Varillas de 3/8" con una longitud de 30 cm.



- Aceite para cubrir la parte interior de la probeta y puedan ser retirada la mezcla de una manera fácil.
- Cono de Abrams
- Mezcladora de concreto

#### **3.4.2 Procedimiento:**

- Todo el procedimiento empieza por la recolección de materiales pétreos; estos son: agregado grueso (reciclado y natural) y agregado fino.
- El agregado grueso natural y el agregado fino han sido adquiridos de la Trituradora Roca Fuerte, la cual trabaja con el material del Río Chonta. Teniendo el agregado grueso natural un Tamaño Máximo de 1”.
- El material de reciclaje se obtuvo de la demolición del pavimento proveniente de la reconstrucción del pavimento de la Av. Independencia, y del mismo lugar de acopio fue transportado hasta la Trituradora Roca Fuerte.
- De la misma manera como se procesa el agregado para la obtención de distinto tamaños, así fue también procesado el material de reciclaje; dando como fin pequeños trozos de piedra, con el tamaño máximo que fue requerido.
- Todo el material fue transportado posteriormente a la Universidad Nacional de Cajamarca, para proceder con los ensayos correspondientes a las propiedades de los agregados.
- Las propiedades de los agregados (peso específico, contenido de humedad, resistencia a la abrasión, porcentaje de absorción), fueron obtenidos en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca,
- Un aspecto importante a considerar, son las propiedades químicas de los agregados; el PH, contenido de sulfatos, contenido de materia orgánica. Esto se logró obtener en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Cajamarca; con la participación del responsable del mencionado laboratorio, quien entregó los resultados para ser analizados.



- Todas las propiedades analizadas se realizaron para ambos agregados grueso (natural y reciclado), así como también para el agregado fino.
- Al concluir con lo requerido, pudo procederse a realizar el Diseño de Mezclas para un  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup> para ambos tipos de concreto.
- Con el diseño final, se realizó las 3 probetas de prueba para ambos casos.
- En el procedimiento de la ejecución de las probetas, se fue corrigiendo. Por consiguiente se obtuvo el agua añadida, el slump, y el tipo de mezcla obtenido,
- Las probetas fueron ensayadas a la compresión, para un tiempo de curado de 7 días.
- Con los datos necesarios que se lograron obtener en el momento de la elaboración de los especímenes, se pudo corregir el Diseño de Mezclas, teniendo como fin un nuevo diseño ya modificado.
- A consecuencia de lo anterior se realizaron las probetas finales de concreto, con agregado grueso natural y con agregado grueso reciclado.
- Para cada caso se hizo 21 probetas; 7 especímenes para un tiempo de curado de 7 días, 7 más para un tiempo de curado de 14 días, y 7 últimas para un tiempo de curado de 28 días; los resultados se muestran en tablas.



## **CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**



A continuación se reportan los resultados de los ensayos de laboratorio

#### 4.1 Ensayos Químicos de los agregados (Norma MTC E 213 y NTP 339.176)

Los ensayos de materia orgánica se realizaron en el laboratorio de química de la Universidad Nacional de Cajamarca; con ayuda del encargado, se pudo determinar el porcentaje que contenía cada de uno de los materiales. Pudiendo mostrar que el agregado reciclado tiene más cantidad sulfatos y cloruros, por el ambiente en el que ha estado expuesto a comparación del agregado grueso natural. Ésta es la razón por lo que se utilizo el Cemento Ms (*Anexo VIII – Pág. 175.*) En un segundo ensayo químico se dio a conocer que no existe presencia de impurezas orgánicas en ninguno de los dos agregados.

##### Ensayo químico del Agregado Grueso Natural

**Tabla VII: Resultados de Ensayo químico del Agregado Grueso Natural**

MUESTRA	pH	SULFATOS ppm	CLORUROS ppm	TEMPERATURA °C
Agregado	9.57	72.56	62.51	19.80

##### Ensayo químico del Agregado Grueso Reciclado

**Tabla VIII: Resultados del Ensayo químico del Agregado Grueso Reciclado**

MUESTRA	pH	SULFATOS ppm	CLORUROS ppm	TEMPERATURA °C
Agregado	9.54	78.30	64.40	20.10

#### 4.2 Reporte de Probetas del Ensayo a Compresión (NTP 339.034)

Luego de concluir con el ensayo a la compresión de las probetas elaboradas tanto de Concreto con agregado Grueso Natural como de Reciclado, se presenta un cuadro Reporte.





## 4.2.1 Reporte de ambos concretos

Tabla IX: Reporte de Concreto con Agregado Grueso Natural

CONCRETO CON AGREGADO GRUESO NATURAL						
Edad del Espécimen	Número de Identificación	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Carga Máxima (Tn)	Tipo de Fractura	Defectos en el refrentado
7 días	CN7 - 1	100	200	11.00	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN7 - 2	100	200	9.00	Tipo 3 y 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN7 - 3	100	200	10.00	Tipo 3 y 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN7 - 4	100	200	9.50	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN7 - 5	100	200	8.00	Tipo 3 y 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN7 - 6	100	200	10.00	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN7 - 7	100	200	9.5	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
14 días	CN14 - 1	100	200	11.50	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN14 - 2	100	200	10.65	Tipo 3 y 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN14 - 3	100	200	9.80	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN14 - 4	100	200	14.00	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN14 - 5	100	200	13.00	Tipo 3 y 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN14 - 6	100	200	12.00	Tipo 3 y 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN14 - 7	100	200	11.83	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
28 días	CN28 - 1	100	200	16.00	Tipo 3	Sin almohadilla de neopreno
	CN28 - 2	100	200	17.75	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN28 - 3	100	200	17.00	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN28 - 4	100	200	18.00	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN28 - 5	100	200	16.40	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN28 - 6	100	200	18.50	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CN28 - 7	100	200	17.11	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno

**Tabla X: Reporte de Concreto con Agregado Grueso Reciclado**

CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO						
Edad del Espécimen	Número de Identificación	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Carga Máxima (Tn)	Tipo de Fractura	Defectos en el refrentado
7 días	CR7 - 1	100	200	11.50	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR7 - 2	100	200	9.50	Tipo 3 y 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR7 - 3	100	200	10.00	Tipo 3 y 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR7 - 4	100	200	10.50	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR7 - 5	100	200	8.00	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR7 - 6	100	200	11.50	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR7 - 7	100	200	10.00	Tipo 3 y 5	Sin almohadilla de neopreno
14 días	CR14 - 1	100	200	13.00	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR14 - 2	100	200	8.80	Tipo 3 y 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR14 - 3	100	200	11.70	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR14 - 4	100	200	10.00	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR14 - 5	100	200	13.50	Tipo 3 y 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR14 - 6	100	200	12.70	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR14 - 7	100	200	15.25	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
28 días	CR28 - 1	100	200	18.20	Tipo 3	Sin almohadilla de neopreno
	CR28 - 2	100	200	17.25	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR28 - 3	100	200	18.40	Tipo 3 y 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR28 - 4	100	200	18.00	Tipo 3	Sin almohadilla de neopreno
	CR28 - 5	100	200	18.20	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR28 - 6	100	200	17.20	Tipo 3 y 5	Sin almohadilla de neopreno
	CR28 - 7	100	200	18.30	Tipo 5	Sin almohadilla de neopreno

Las fotografías que muestran el tipo de falla se pueden ver en el **Anexo VII**

– Pág. 171

#### 4.3 Resultados de Diseño

##### Diseño teórico de concreto

Para empezar a realizar un diseño adecuada de mezcla de concreto, se debe realizar haciéndolo teóricamente, a base de los resultados obtenidos en los ensayos previos mostrados anteriormente, con las propiedades precisadas en las tablas se realizará el diseño. Se empleó el método de Combinación de Agregados, uno de los métodos convencionales más



utilizado. El método consiste en optimizar sistemáticamente la proporción de agregado fino y grueso como un sólo material (agregado global), dirigido a controlar la trabajabilidad de la mezcla de Concreto y obtener la máxima COMPACIDAD de la combinación de agregados mediante ensayos de laboratorio.

#### 4.3.1 Valores de las propiedades físico-mecánicas de los agregados

Tabla XI: Valores de las Propiedades de los Agregados

PROPIEDADES DE AGREGADOS	AF	AGN	AGR
Peso específico de masa(g/cm <sup>3</sup> )	2.60	2.57	2.30
Peso unitario suelto(g/cm <sup>3</sup> )	1.68	1.46	1.21
Peso unitario compactado seco(g/cm <sup>3</sup> )	1.83	1.60	1.40
Contenido de humedad (%)	3.56	1.09	4.14
Absorción (%)	1.24	1.33	6.47
Desgaste a la abrasión (%)	-	26.80	40.57
Modulo de finura	3.12	7.76	7.71
Tamaño máximo nominal (pulg)	-	1.00	1.00

#### 4.3.2 Resultados del Diseño de Prueba

##### Concreto Convencional (3 PROBETAS – 0.02 m<sup>3</sup>)

Tabla XII: Diseño de prueba de Concreto Convencional

Cemento	6.32 Kg
Agregado Fino	18.88 Kg
Agregado Grueso	17.21 Kg
Agua de Mezcla	3.52 Lts
<b>PESO TOTAL</b>	<b>45.93 Kg</b>



**Concreto con Agregado Grueso Reciclado (3 PROBETAS – 0.02 m<sup>3</sup>)**

**Tabla XIII: Diseño de prueba de Concreto con Agregado Grueso Reciclado**

Cemento	6.32 Kg
Agregado Fino	18.66 Kg
Agregado Grueso	16.37 Kg
Agua de Mezcla	3.84 Lts
<b>PESO TOTAL</b>	<b>45.18 Kg</b>

**4.3.3 Resultado de Ajuste de Diseño de Mezcla**

**Concreto Convencional**

**Tabla XIV: Diseño final de Concreto Convencional**

<b>Material</b>	<b>Por 1 m<sup>3</sup></b>
Cemento	316.86 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	837.53 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	935.34 Kg/m <sup>3</sup>
Agua Efectiva	193.23 Lt/m <sup>3</sup>
	<b>2282.96 Kg/m<sup>3</sup></b>

**Concreto con Agregado Grueso Reciclado**

**Tabla XV: Diseño final de Concreto con Agregado Grueso Reciclado**

<b>Material</b>	<b>Por 1 m<sup>3</sup></b>
Cemento	347.75 Kg
Agregado Fino	748.61 Kg
Agregado Grueso	829.60 Kg
Agua Efectiva	215.81 Kg
	<b>2141.77 Kg/m<sup>3</sup></b>



**Análisis de Resultados:**

- Podemos notar que se utiliza menos cantidad de agregado fino en el concreto elaborado con agregado grueso reciclado en comparación con el concreto convencional; siendo una de las causales para la variación de la resistencia.
- El cemento es un elemento importante en cuanto a la resistencia del concreto, se puede observar la variación que existe entre ambos diseños con respecto a la cantidad de cemento utilizado.

**4.4 Resultados del f'c con el Esclerómetro del Concreto Reciclado (NTP 339.181)**

**Tabla XVI: Muestreo con el esclerómetro**

<b>Ensayo 1</b>											
<i>N° Lectura</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Ang. Lectura</i>	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
<i>Lectura del esclerómetro</i>	23	23	24	24	24	25	25	25	26	27	27
<i>Lectura promedio</i>	25										
<i>Resistencia (Kg/cm2)</i>	220										
<b>Ensayo 2</b>											
<i>N° Lectura</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Ang. Lectura</i>	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
<i>Lectura del esclerómetro</i>	24	24	25	25	25	26	26	27	27	27	28
<i>Lectura promedio</i>	26										
<i>Resistencia (Kg/cm2)</i>	225										
<b>Ensayo 3</b>											
<i>N° Lectura</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Ang. Lectura</i>	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
<i>Lectura del esclerómetro</i>	23	23	24	24	24	24	25	25	26	26	26
<i>Lectura promedio</i>	24										
<i>Resistencia (Kg/cm2)</i>	200										
<b>Ensayo 4</b>											
<i>N° Lectura</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Ang. Lectura</i>	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
<i>Lectura del esclerómetro</i>	23	24	24	24	25	26	26	26	27	27	27
<i>Lectura promedio</i>	26										
<i>Resistencia (Kg/cm2)</i>	210										



Ensayo 5											
N° Lectura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ang. Lectura	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
Lectura del esclerómetro	27	27	27	27	28	28	29	29	29	30	30
Lectura promedio	28										
Resistencia (Kg/cm2)	240										
Resistencia Promedio (Kg/cm2)	219										

**4.5 Resultados del Ensayo a Compresión de los especímenes de ambos concretos**

**Tabla XVII: Resultado de Ensayo a compresión a los 7 días**

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO							CONCRETO CON AGREGADO GRUESO NAT					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M1	M2	M3	M4	M5	M6
CARGA FINAL (Tn)	11.5	9.5	10	10.5	8	11.5	10	11	9	10	9.5	8	10
PROMEDIO (Tn)	10.14							9.57					
RESISTENCIA (Kg/cm2)	146.42	120.96	127.32	133.69	101.86	146.42	127.32	140.06	114.59	127.32	120.96	101.86	127.32
PROMEDIO (Kg/cm2)	129.14							121.87					
% DE RESISTENCIA	69.73	57.60	60.63	63.66	48.50	69.73	60.63	66.69	54.57	60.63	57.60	48.50	60.63
PROMEDIO % DE RESISTENCIA	61.50							58.03					

**Tabla XVIII: Resultado de Ensayo a compresión a los 14 días**

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO							CONCRETO CON AGREGADO GRUESO NATURAL						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	13.00	8.80	11.70	10.00	13.5	12.70	15.25	11.5	10.65	9.80	14.00	13.00	12.00	11.83
PROMEDIO (Tn)	12.136							11.83						
RESISTENCIA (Kg/cm2)	165.52	112.05	148.97	127.32	171.89	161.70	194.17	146.42	135.60	124.78	178.25	165.52	152.79	150.56
PROMEDIO (Kg/cm2)	154.52							150.56						
% DE RESISTENCIA	78.82	53.35	70.94	60.63	81.85	77.00	92.46	69.73	64.57	59.42	84.88	78.82	72.76	71.70
PROMEDIO % DE RESISTENCIA	73.58							71.70						



Tabla XIX: Resultado de Ensayo a compresión a los 28 días

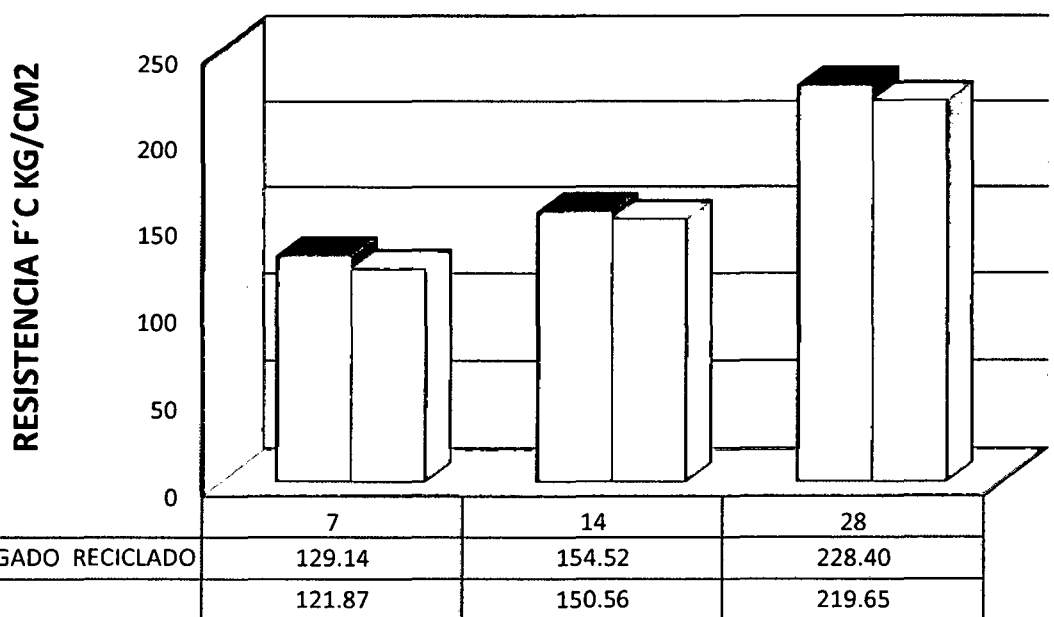
MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO							CONCRETO CON AGREGADO GRUESO NATURAL						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	18.20	17.25	18.4	18	18.2	17.20	18.32	16	17.75	17	18	16.4	18.5	17.11
PROMEDIO (Tn)	17.94							17.25						
RESISTENCIA (Kg/cm2)	231.73	219.63	234.28	229.18	231.73	219.00	233.26	237.67	203.72	226.00	216.45	229.18	208.81	235.55
PROMEDIO (Kg/cm2)	228.40							219.65						
% DE RESISTENCIA	110.35	104.59	111.56	109.13	110.35	104.28	111.08	113.18	97.01	107.62	103.07	109.13	99.43	112.17
PROMEDIO % DE RESISTENCIA	108.76							104.60						

**Análisis de Resultados:**

- Por la razones antes mencionadas, es que se presenta una clara diferencia en cuanto de refiere a la resistencia en ambos diseños de concreto. Podemos afirmar entonces que en todos los ensayos a la compresión que se les realizó, el concreto diseñado con agregado grueso reciclado fue el que logró mayor resistencia.
- La variación a los 28 días ha sido de 4.15%.

Figura 7: Cuadro Estadístico de Resistencia en el tiempo

**RESISTENCIA EN EL TIEMPO**





#### 4.6 Resultado de Módulo de Elasticidad (Norma ASTM C469)

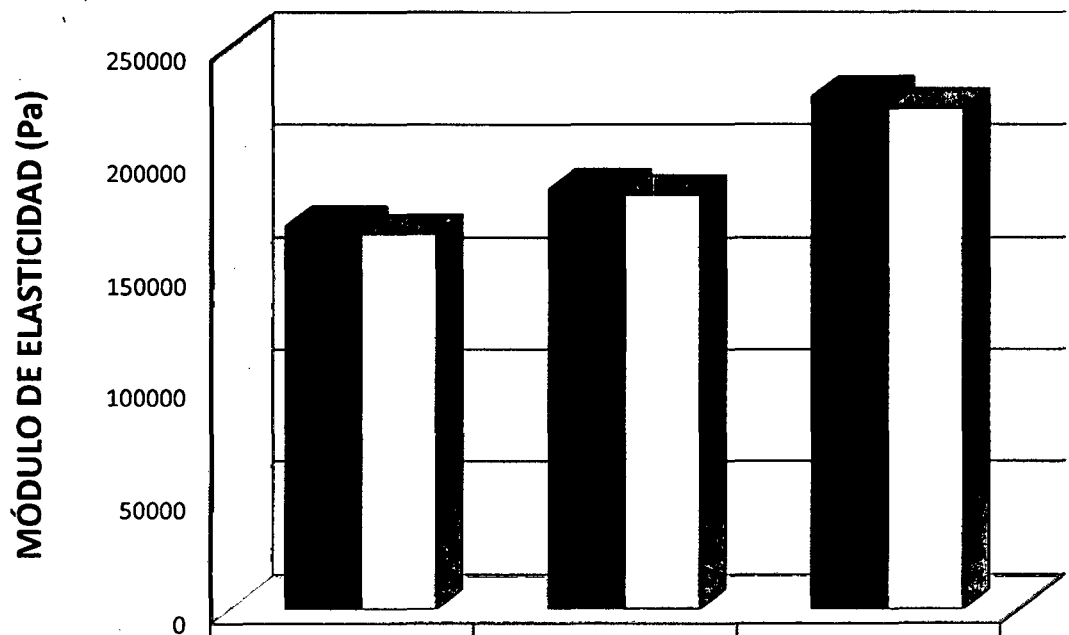
Es la relación entre el esfuerzo al que se somete el material y su deformación unitaria. Por lo tanto, con los resultados expuestos líneas atrás podemos deducir que el concreto diseñado con agregado grueso reciclado también tendrá un mayor valor con respecto al concreto convencional. (*Anexo IV – Pág. 104*)

Se ha obtenido el valor del módulo de elasticidad con ayuda de la siguiente fórmula:

$$ME = 15000 * \sqrt{\sigma_u}$$

Figura 8: Cuadro Estadístico de Variación del Módulo de Elasticidad

### VARIACIÓN DEL MODULO DE ELASTICIDAD



	7	14	28
■ CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO	170189	186623	227546
□ CONCRETO NATURAL	166644	183973	222247





#### 4.7 Análisis de Costos

##### 4.7.1 Análisis de Costos para Concreto con Agregados Naturales (Sin Considerar Mano de Obra)

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
Cemento MS	Bls	7.45	21.00	156.45
Agua	m3	0.1956	2.00	0.3912
Agregado Fino	m3	0.3222	65.00	20.94
Agregado Grueso	m3	0.3637	60.00	21.82
<b>COSTO POR M<sup>3</sup></b>				<b>199.60</b>

##### 4.7.2 Análisis de Costos para Concreto con Agregado Grueso Reciclado (Sin Considerar Mano de Obra)

Actividad	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
Transporte de agregado reciclado	M3	1	8.00	8.00
Trituración y tamizado	m3	1	13.00	13.00
<b>COSTO POR M<sup>3</sup></b>				<b>21.00</b>

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
Cemento MS	Bls	8.18	21.00	171.78
Agua	m3	0.2146	2.00	0.4292
Agregado Fino	m3	0.2880	65.00	18.72
Agregado Grueso	m3	0.3683	21.00	7.73
<b>COSTO POR M<sup>3</sup></b>				<b>198.66</b>

#### Análisis de Resultados:

- Podemos percatarnos que la elaboración de un concreto con material reciclado es ligeramente más económico que la elaboración de un concreto elaborado naturalmente.



**CAPÍTULO V.**  
**CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y**  
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



### 5.1 Conclusiones:

Al término del presente trabajo se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El porcentaje de incremento en la resistencia a la compresión, de un concreto elaborado con agregado grueso reciclado es de 4.15% mayor que la resistencia del concreto elaborado con agregado natural, también se obtiene un concreto con características similares.
- La diferencia del módulo de elasticidad a los 28 días del concreto elaborado con agregado natural es menor en 5.30 kg/cm<sup>2</sup>.
- Por los resultados obtenidos, se puede afirmar que el agregado grueso reciclado no influye negativamente en la resistencia mecánica de un nuevo concreto.
- Se ha notado que el porcentaje utilizado de agregado fino es menor en el diseño del concreto con agregado grueso reciclado, siendo éste un factor interviniente en la resistencia.
- La cantidad de cemento, en el diseño del concreto elaborado con agregado grueso reciclado, es sensiblemente mayor, en un 5.10%, siendo un factor adicional que influye en la resistencia del concreto obtenido.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, el agregado grueso reciclado mantiene sus propiedades físicas y mecánicas similares a las del agregado grueso natural.

### 5.2 Recomendaciones:

- Realizar investigaciones de elaboración de concreto con agregados de concreto reciclado para otros  $F'c$  de diseño.
- Fomentar el uso de agregados de concreto reciclado, y así disminuir el impacto ambiental producido por los residuos sólidos de concreto.
- Se recomienda elaborar otros trabajos de investigación de naturaleza similar al presente, pero usando agregados reciclados provenientes de edificaciones.



### 5.3 Referencias Bibliográficas:

1. (Ref. HARDING, M.). (Por / By José Castañeda Ávila, Cecilia Olague Caballero, Facundo M. Almeraya Calderón, Citlalli Gaona Tiburcio y Alberto Martínez Villafañe.) Revista Ingeniería de Construcción Volumen 15 N°1 Enero Junio de 2005.
2. (Ocean Concrete products. Ocean Heidelberg Cement Group, Steel Fibre Reinforcement, Working Together to Build our Communities report. 1999.)
3. F.ALTUN, T. HAKTANIR (Engineering Faculty, Civil Eng., Dept., Kayeri TURKIA 2004)
4. RIVVA LOPEZ, Enrique: Diseño de Mezclas de Concreto, volumen 1. Peru. Editorial Universitaria, 2004
5. CANTER, W. Larry. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, técnicas para la elaboración de estudios. 2ª ed. España: McGraw-Hill/Interamericana, 1998. p. 805.
6. BEDOYA MONTOYA, Carlos Mauricio. Confección del concreto reciclado mediante el aprovechamiento de residuos de la construcción. Trabajo de graduación Ing. Civil. Medellín Colombia, Universidad Nacional de Colombia, 1998. p. 143.
7. LUND, Herbert F. Manual McGraw-Hill de reciclaje, volumen 1 y 2. España: McGraw-Hill/Interamericana, 1996. p. 1101.
8. PASQUEL, Enrique: Tópicos de Tecnología del Concreto, volumen 1



# ANEXOS



## **ANEXO I**

### **ENSAYO DE PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS**



**AGREGADO FINO**

a. Análisis Granulométrico (NTP 400.012:2003):

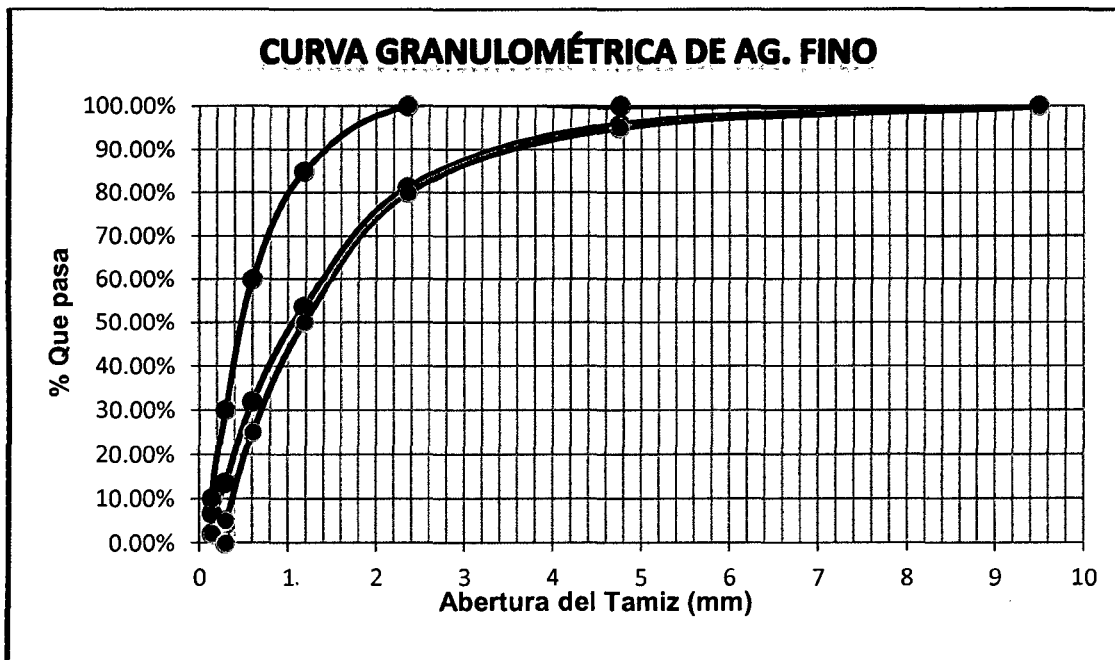
**Muestra 1**

**Tabla XX: Granulometría M1 de Agregado Fino**

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMUL	% QUE PASA
N°	mm	0.000	0.00%	0.00%	100.00%
3/8	9.5	25.08	4.18%	4.18%	95.82%
4	4.76	87.29	14.55%	18.73%	81.27%
8	2.36	165.55	27.59%	46.32%	53.68%
16	1.18	130.43	21.74%	68.06%	31.94%
30	0.6	110.37	18.39%	86.45%	13.55%
50	0.3	41.14	6.86%	93.31%	6.69%
100	0.15	15.05	2.51%	95.82%	4.18%
CAZOLETA		25.08	4.18%	100.00%	0.00%

**Figura 9: Granulometría M1 del Agregado Fino**

**Wmuestra (gr) = 600**



*Curva Granulométrica del Agregado Fino – Muestra 1*



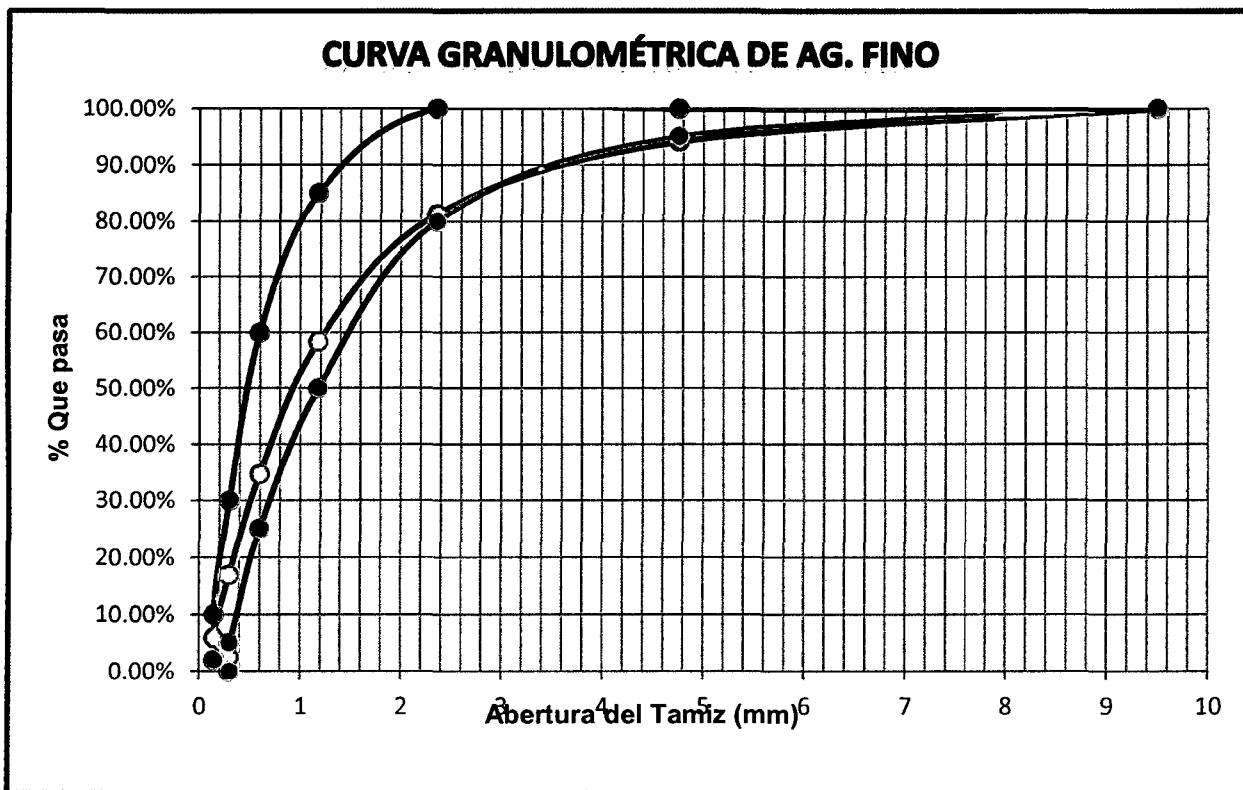
Muestra 2

Tabla XXI: Granulometría M2 de Agregado Fino

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMUL	% QUE PASA
N°	mm	0.000	0.00%	0.00%	100.00%
3/8	9.5	35.53	5.92%	5.92%	94.08%
4	4.76	77.16	12.86%	18.78%	81.22%
8	2.36	137.06	22.84%	41.62%	58.38%
16	1.18	142.13	23.69%	65.31%	34.69%
30	0.6	106.60	17.77%	83.08%	16.92%
50	0.3	65.99	11.00%	94.08%	5.92%
100	0.15	20.30	3.38%	97.46%	2.54%
CAZOLETA		15.23	2.54%	100.00%	0.00%

Figura 10: Granulometría M2 del Agregado Fino

Wmuestra (gr) = 600



Curva Granulométrica del Agregado Fino – Muestra 2





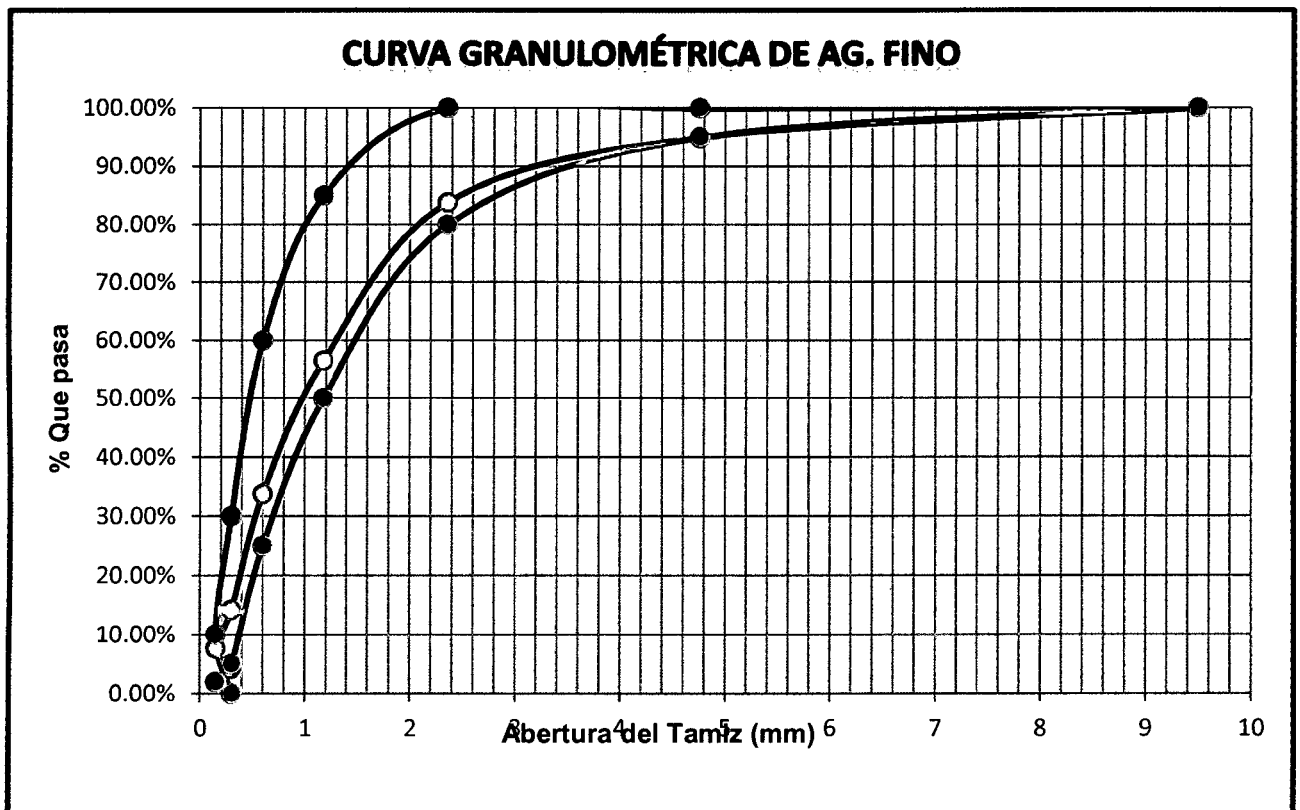
Muestra 3

Tabla XXII: Granulometría M3 de Agregado Fino

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMUL	% QUE PASA
N°	mm				
		0.000	0.00%	0.00%	100.00%
3/8	9.5	30.72	5.12%	5.12%	94.88%
4	4.76	66.55	11.09%	16.21%	83.79%
8	2.36	163.82	27.30%	43.52%	56.48%
16	1.18	136.18	22.70%	66.21%	33.79%
30	0.6	117.75	19.62%	85.84%	14.16%
50	0.3	38.91	6.48%	92.32%	7.68%
100	0.15	20.48	3.41%	95.73%	4.27%
CAZOLETA		25.60	4.27%	100.00%	0.00%

Figura 11: Granulometría M3 del Agregado Fino

Wmuestra (gr) = 600



Curva Granulométrica del Agregado Fino – Muestra 3



**b. Módulo de Finura**

**Tabla XXIII: Módulo de Finura del Agregado Fino**

ENSAYO	1	2	3	PROMEDIO
MODULO DE FINURA	3.169	3.086	3.089	3.1

**c. Peso Específico y Absorción (NTP 400.022:2013-NTP 400.021:2013)**

**Tabla XXIV: Peso específico y absorción del Agregado Fino**

ENSAYO	1	2	3	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)	493.900	494.000	493.800	-----
Peso de la fiola + agua (cm3)	710.700	710.700	710.700	-----
Peso de la fiola + muestra + agua (cm3)	1020.100	1020.500	1020.800	-----
Volumen del agua añadida (cm3)	309.400	309.800	310.100	-----
Volumen del frasco (cm3)	500.000	500.000	500.000	-----
<b>PESO ESPECÍFICO DE MASA (gr/cm3)</b>	2.591	2.597	2.600	<b>2.596</b>
<b>PESO ESPECÍFICO DE MASA S.S.S.(gr/cm3)</b>	2.623	2.629	2.633	<b>2.628</b>
<b>PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm3)</b>	2.677	2.682	2.688	<b>2.682</b>
<b>PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)</b>	1.24%	1.21%	1.26%	<b>1.24%</b>

**d. Peso Unitario (NTP 400.017:2011)**

**Cálculo factor f**

- Peso específico del agua

PESO DE FIOLA	212,80 g
VOLUMEN FIOLA	500 cm3
PESO DE FIOLA+AGUA	710,70 g
PESO ESP. DEL AGUA	<b>0,9958 g/cm3</b>



- Volumen del agua

PESO DEL RECIPIENTE+VIDRIO+GRASA	5151,00 g
PESO DEL RECIPIENTE+VIDRIO+GRASA+AGUA	14850,00 g
PESO DEL AGUA (Wa)	<b>9739,91 g</b>
Factor (f):	<b>102,67</b>

$$\text{Factor } f = \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{9.7399 \text{ Kg}} = 102.67$$

**d.1. Peso Unitario Suelto**

**Tabla XXV: Peso unitario suelto del agregado fino**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	4,22 Kg	4,22 Kg	4,22 Kg
Peso del Recipiente + Muestra (g)	20,535	20,51	20,56
Peso de la Muestra (g)	16,32	16,29	16,34
Factor(f)	102,67	102,67	102,67
Peso unitario suelto (Kg/m3)	1675,07	1672,50	1677,63
<b>Peso unitario suelto Promedio (Kg/m3)</b>	<b>1675,07 Kg/cm3</b>		

**d.2. Peso Unitario Compactado**

**Tabla XXVI: Peso unitario compactado del Agregado Fino**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	4,22 Kg	4,22 Kg	4,22 Kg
Peso del Recipiente + Muestra (g)	22,04	22,015	22,045
Peso de la Muestra (g)	17,820	17,795	17,825
Factor(f)	102,67	102,67	102,67
Peso unitario suelto (Kg/m3)	1829,59	1827,02	1830,10
<b>Peso unitario compactado Promedio (Kg/m3)</b>	<b>1828,90 Kg/cm3</b>		



e. Contenido de Humedad (NTP 339.185:2013)

*Tabla XXVII: Contenido de Humedad del Agregado Fino*

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	26,10	26,70	27,00
Peso del Recipiente + Muestr. Hum.(g)	333,90	316,00	338,60
Peso del Recipiente + Muestr.Seca.(g)	323,50	304,90	329,00
Peso del agua (g).	10,40	11,10	9,60
Peso de Muestra Seca. (g).	297,40	278,20	302,00
Contenido de Humedad. (%)	3,50	3,99	3,18
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>3,56</b>		



**AGREGADO GRUESO NATURAL**

**a. Análisis Granulométrico (NTP 400.012:2003):**

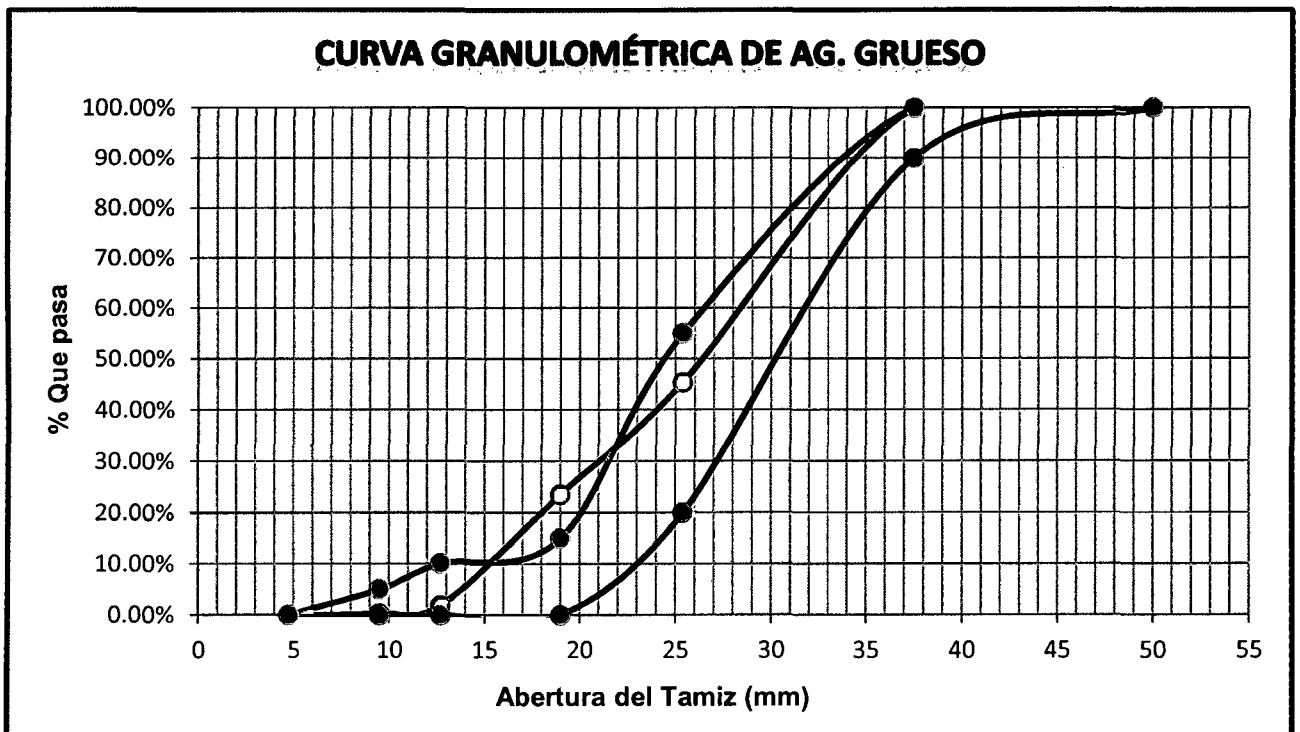
**Muestra 1**

**Tabla XXVIII: Granulometría M1 de Agregado Grueso Natural**

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMUL	% QUE PASA
N°	mm				
2	50	0	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2	37.5	0	0.00%	0.00%	100.00%
1	25.4	5952.05	54.61%	54.61%	45.39%
3/4	19	2384.75	21.88%	76.48%	23.52%
1/2	12.7	2366.67	21.71%	98.20%	1.80%
3/8	9.51	168.45	1.55%	99.74%	0.26%
4	4.76	28.08	0.26%	100.00%	0.00%
CAZOLETA			0.00%	100.00%	0.00%

**Figura 12: Granulometría M1 del Agregado Grueso Natural**

**Wmuestra (gr) = 10900**



*Curva Granulométrica del Agregado Grueso Natural – Muestra 1*



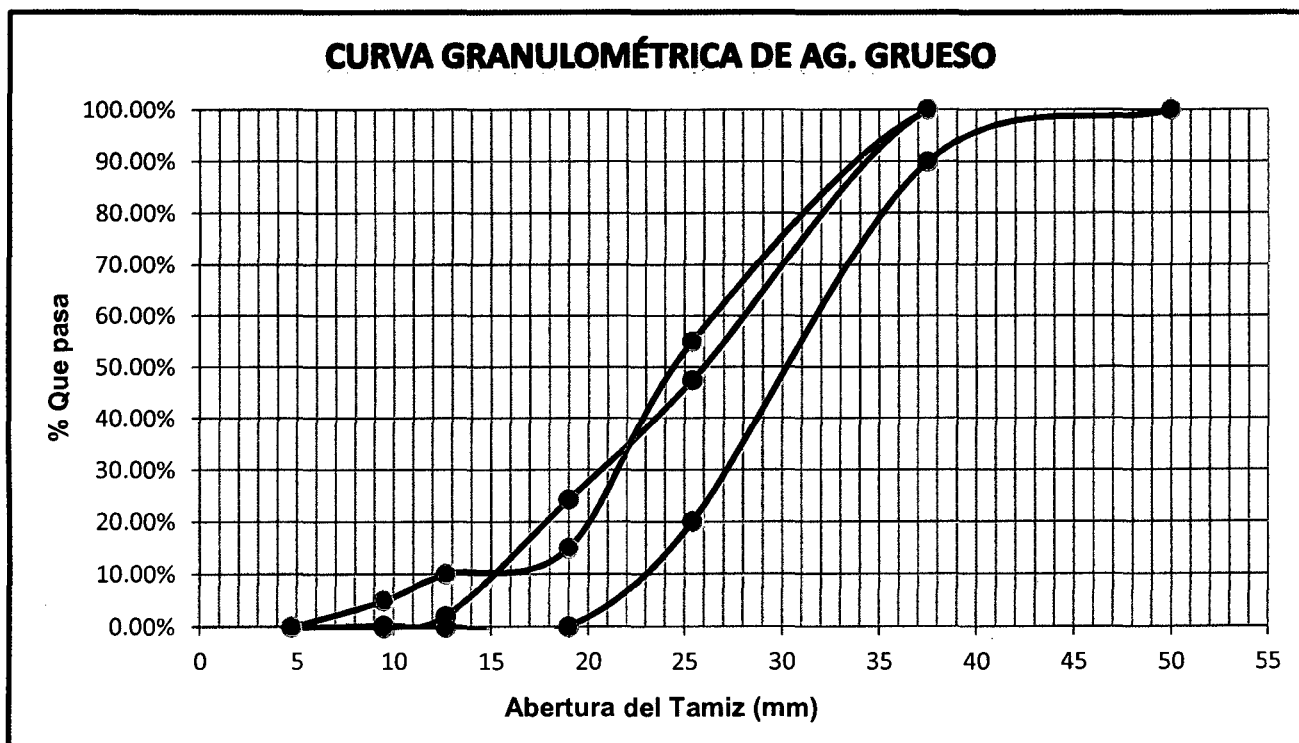
Muestra 2

Tabla XXIX: Granulometría M2 de Agregado Grueso Natural

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMUL	% QUE PASA
N°	mm				
2	50	0	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2	37.5	0	0.00%	0.00%	100.00%
1	25.4	5659.77	52.52%	52.52%	47.48%
3/4	19	2501.26	23.21%	75.73%	24.27%
1/2	12.7	2402.07	22.29%	98.02%	1.98%
3/8	9.51	187.86	1.74%	99.76%	0.24%
4	4.76	26.05	0.24%	100.00%	0.00%
CAZOLETA				0.00%	100.00%

Figura 13: Granulometría M2 del Agregado Grueso Natural

Wmuestra (gr) = 10777



Curva Granulométrica del Agregado Grueso Natural – Muestra 2



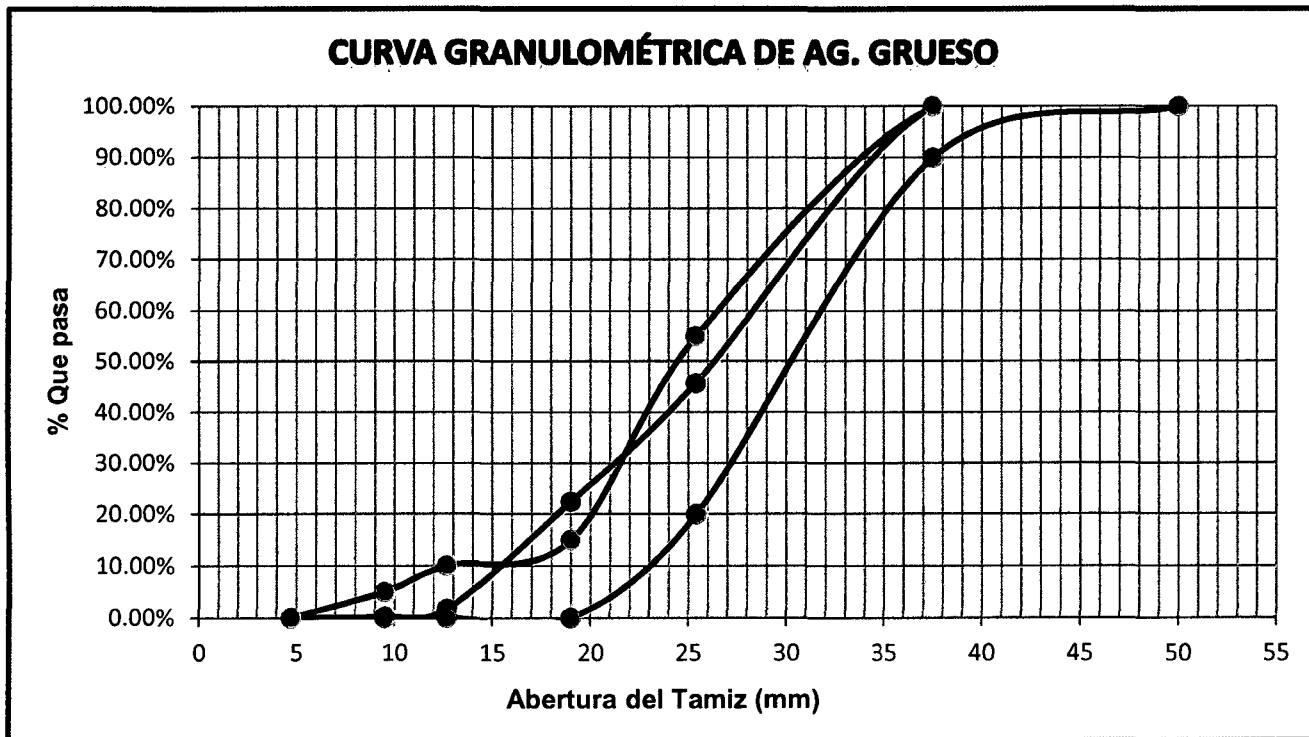
Muestra 3

Tabla XXX: Granulometría M3 de Agregado Grueso Natural

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMUL	% QUE PASA
N°	mm				
2	50	0	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2	37.5	0	0.00%	0.00%	100.00%
1	25.4	5802.64	54.26%	54.26%	45.74%
3/4	19	2494.89	23.33%	77.58%	22.42%
1/2	12.7	2215.39	20.71%	98.30%	1.70%
3/8	9.51	161.15	1.51%	99.80%	0.20%
4	4.76	20.93	0.20%	100.00%	0.00%
CAZOLETA				0.00%	100.00%

Figura 14: Granulometría M3 del Agregado Grueso Natural

Wmuestra (gr) = 10695



Curva Granulométrica del Agregado Grueso Natural – Muestra 3



**b. Módulo de Finura**

**Tabla XXXI: Módulo de Finura del Agregado Grueso Natural**

ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
MODULO DE FINURA	7.762	7.755	7.774	7.764

**c. Peso Específico y Absorción (NTP 400.022:2013-NTP 400.021:2013)**

**Tabla XXXII: Peso específico y absorción del Agregado Grueso Natural**

ENSAYO	1	2	3	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)	4023.400	4143.000	4041.400	
Peso en el aire de la muestra s.s.s (gr)	4076.500	4198.100	4095.500	
Peso en el agua de la muestra saturada	2516.500	2575.000	2526.000	
<b>PESO ESPECIFICO DE MASA (Pe)</b>	<b>2.579</b>	<b>2.553</b>	<b>2.575</b>	<b>2.569</b>
<b>PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (Pesss)</b>	<b>2.613</b>	<b>2.586</b>	<b>2.609</b>	<b>2.603</b>
<b>PESO ESPECIFICO APARENTE (Pea)</b>	<b>2.670</b>	<b>2.642</b>	<b>2.667</b>	<b>2.660</b>
<b>PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (Ab)</b>	<b>1.32%</b>	<b>1.33%</b>	<b>1.34%</b>	<b>1.33%</b>

**d. Peso Unitario (NTP 400.017:2011)**

**Cálculo factor f**

- Peso específico del agua

PESO DE FIOLA	212,80 g
VOLUMEN FIOLA	500 cm <sup>3</sup>
PESO DE FIOLA+AGUA	710,70 g
PESO ESP. DEL AGUA	<b>0,9958 g/cm<sup>3</sup></b>





- Volumen del agua

PESO DEL RECIPIENTE+VIDRIO+GRASA	5151,00 g
PESO DEL RECIPIENTE+VIDRIO+GRASA+AGUA	14850,00 g
PESO DEL AGUA (Wa)	9739,91 g
Factor (f):	102,67

$$\text{Factor } f = \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{9.7399 \text{ Kg}} = 102.67$$

#### d.1. Peso Unitario Suelto

**Tabla XXXIII: Peso unitario suelto de Agregado Grueso Natural**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	4,22 Kg	4,22 Kg	4,22 Kg
Peso del Recipiente + Muestra (g)	18,485	18,49	18,47
Peso de la Muestra (g)	14,27	14,27	14,25
Factor(f)	102,67	102,67	102,67
Peso unitario suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	1464,59	1465,11	1463,05
<b>Peso unitario suelto Promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1464,25 Kg/cm<sup>3</sup></b>		

#### d.2. Peso Unitario Compactado

**Tabla XXXIV: Peso unitario compactado de Agregado Grueso Natural**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	4,22 Kg	4,22 Kg	4,22 Kg
Peso del Recipiente + Muestra (g)	19,83	19,84	19,825
Peso de la Muestra (g)	15,610	15,620	15,605
Factor(f)	102,67	102,67	102,67
Peso unitario suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	1602,68	1603,71	1602,17
<b>Peso unitario compactado Promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1602,86 Kg/cm<sup>3</sup></b>		



e. Contenido de Humedad (NTP 339.185:2013)

**Tabla XXXV: Contenido de humedad de Agregado Grueso Natural**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	39,70	47,80	39,10
Peso del Recipiente + Muestr. Hum.(g)	358,20	386,90	336,30
Peso del Recipiente + Muestr.Seca.(g)	354,70	383,10	333,30
Peso del agua (g).	3,50	3,80	3,00
Peso de Muestra Seca. (g).	315,00	335,30	294,20
Contenido de Humedad. (%)	1,11	1,13	1,02
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>1,09</b>		

f. Resistencia a la Abrasión (NTP 400.019 y NTP 400.020:2002) – Gradación A

**Tabla XXXVI: Resistencia a la abrasión de Agregado Grueso Natural**

TAMAÑO DE TAMICES NTP (ABERTURAS CUADRADADAS)				A
PASA		RETENIDO EN		
N°	(mm)	N°	(mm)	
1 1/2	37,5	1	25,4	1266,20
1	25,4	3/4	19	1259,70
3/4	19	1/2	12,7	1253,80
1/2	12,7	3/8	9,51	1245,70
Total de muestra Inicial (g)				5025,40
Total de muestra Final (g)				3678,50
Porcentaje de Desgaste (%)				26,80



**AGREGADO GRUESO RECICLADO**

a. Análisis Granulométrico (NTP 400.012:2003):

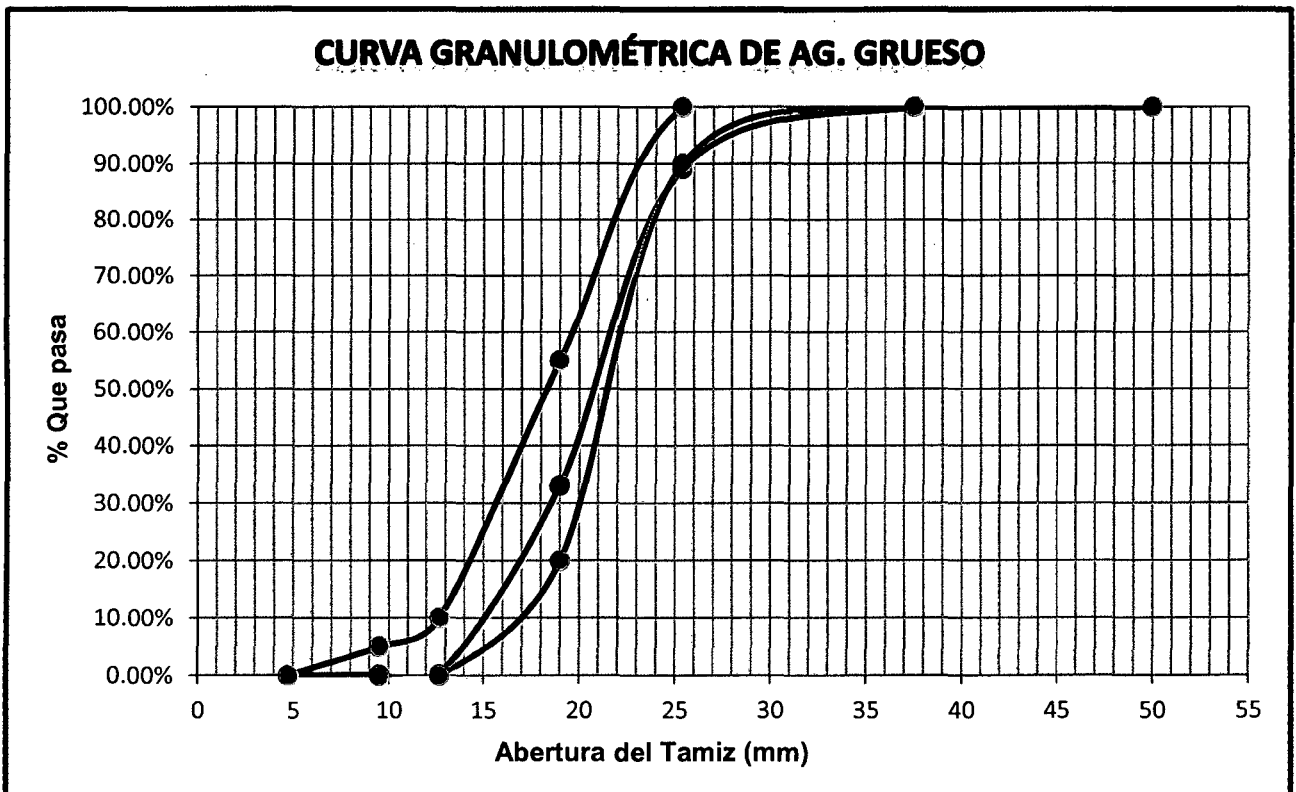
Muestra 1

**Tabla XXXVII: Granulometría M1 de Agregado Grueso Reciclado**

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMUL	% QUE PASA
N°	mm				
2	50	0	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2	37.5	0	0.00%	0.00%	100.00%
1	25.4	1220.26	10.90%	10.90%	89.10%
3/4	19	6275.52	56.08%	66.99%	33.01%
1/2	12.7	3679.86	32.89%	99.87%	0.13%
3/8	9.51	5.02	0.04%	99.92%	0.08%
4	4.76	9.34	0.08%	100.00%	0.00%
CAZOLETA			0	0.00%	100.00%

**Figura 15: Granulometría M1 del Agregado Grueso Reciclado**

$W_{muestra} (gr) = 11190$



*Curva Granulométrica del Agregado Grueso Reciclado – Muestra 1*



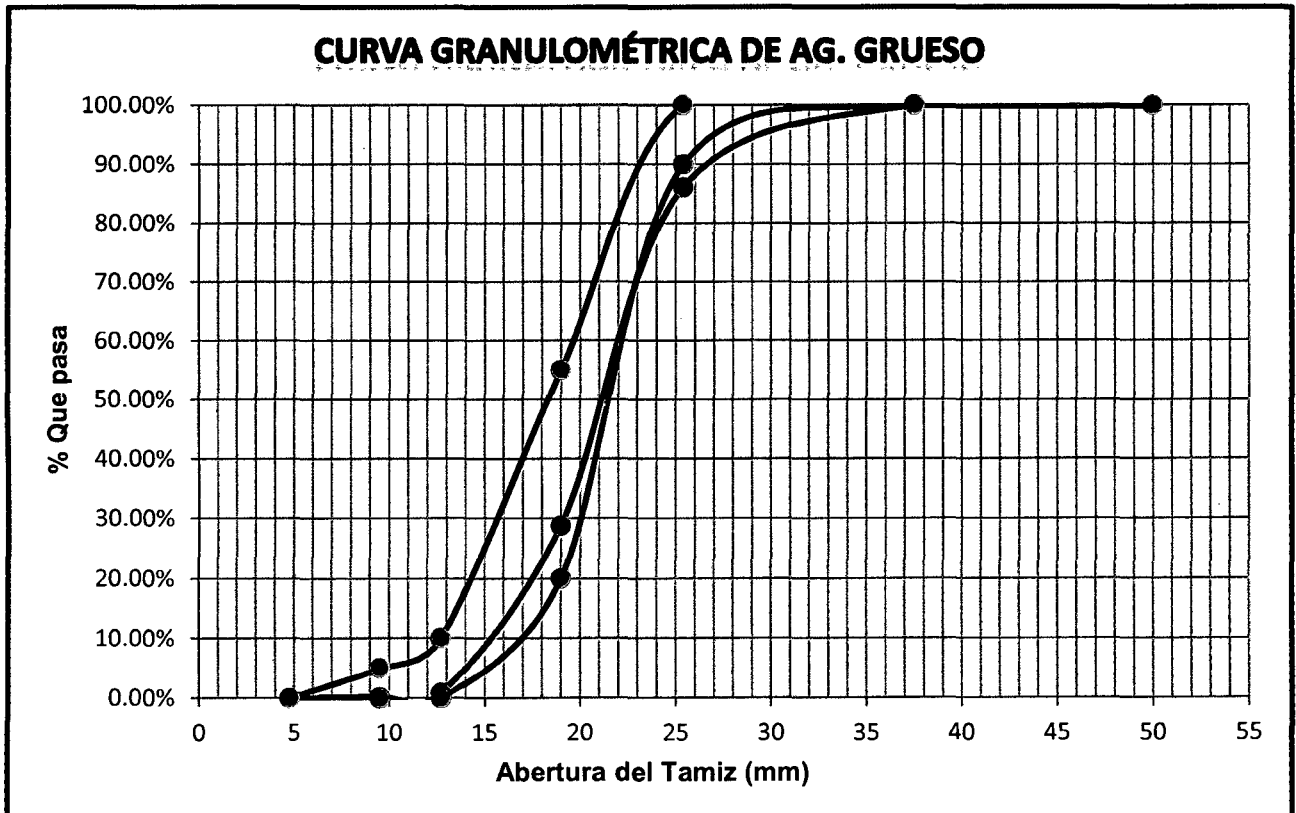
Muestra 2

Tabla XXXVIII: Granulometría M2 del Agregado Grueso Reciclado

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMUL	% QUE PASA
N°	mm				
2	50	0	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2	37.5	0	0.00%	0.00%	100.00%
1	25.4	1472.57	13.87%	13.87%	86.13%
3/4	19	6085.78	57.30%	71.17%	28.83%
1/2	12.7	2978.68	28.05%	99.22%	0.78%
3/8	9.51	65.31	0.61%	99.83%	0.17%
4	4.76	17.65	0.17%	100.00%	0.00%
CAZOLETA				0.00%	100.00%

Figura 16: Granulometría M2 del Agregado Grueso Reciclado

Wmuestra (gr) = 10620



Curva Granulométrica del Agregado Grueso Reciclado – Muestra 2



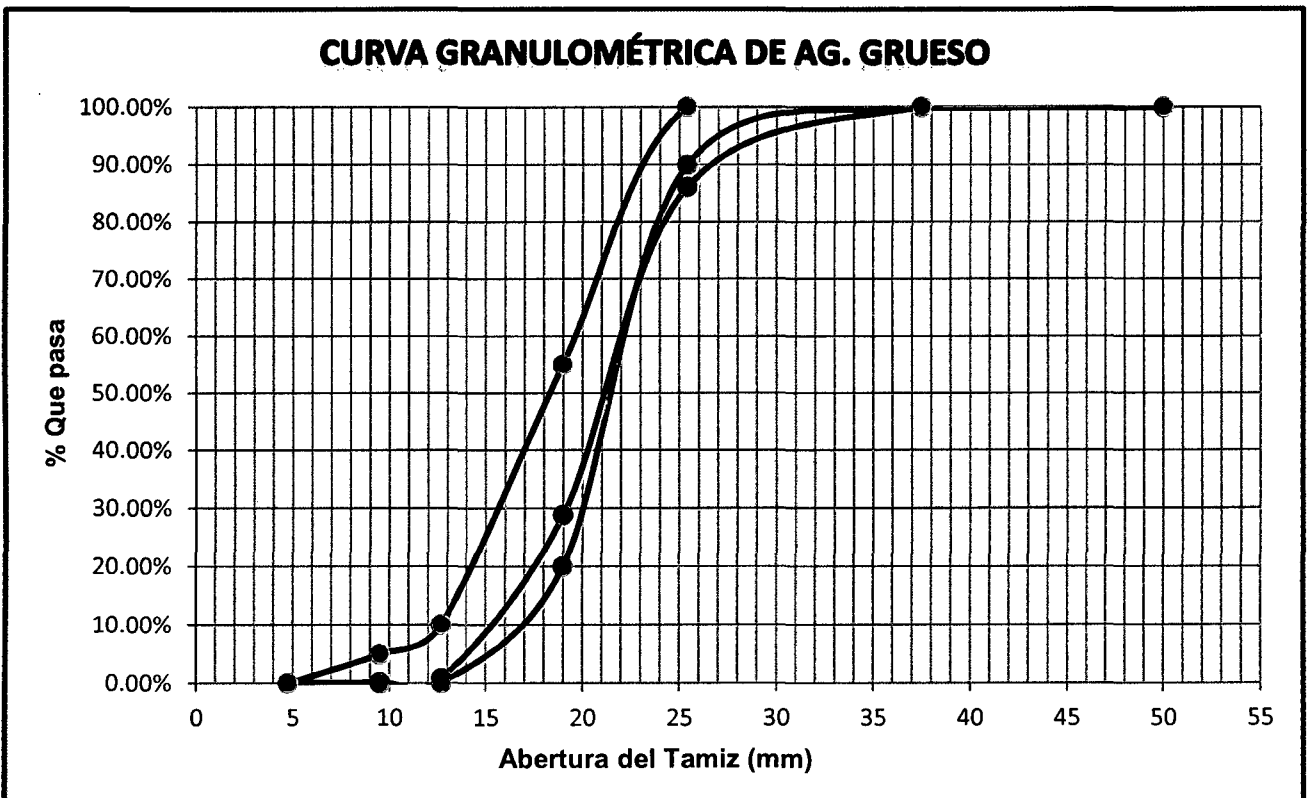
Muestra 3

Tabla XXXIX: Granulometría M3 de Agregado Grueso Reciclado

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMUL	% QUE PASA
N°	mm				
2	50	0	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2	37.5	0	0.00%	0.00%	100.00%
1	25.4	1472.57	13.87%	13.87%	86.13%
3/4	19	6085.78	57.30%	71.17%	28.83%
1/2	12.7	2978.68	28.05%	99.22%	0.78%
3/8	9.51	65.31	0.61%	99.83%	0.17%
4	4.76	17.65	0.17%	100.00%	0.00%
CAZOLETA				0.00%	100.00%

Figura 17: Granulometría M3 del Agregado Grueso Reciclado

Wmuestra (gr) = 10636.5



Curva Granulométrica del Agregado Grueso Reciclado – Muestra 3



a. Módulo de Finura

**Tabla XL: Módulo de finura del Agregado Grueso Reciclado**

ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
MODULO DE FINURA	7.67	7.71	7.74	7.71

b. Peso Específico y Absorción (NTP 400.022:2013-NTP 400.021:2013)

**Tabla XLI: Peso específico y absorción del Agregado Grueso Reciclado**

ENSAYO	1	2	3	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)	3816.500	3854.100	3793.600	
Peso en el aire de la muestra s.s.s (gr)	4053.100	4112.200	4040.800	
Peso en el agua de la muestra saturada	2355.000	2410.000	2345.000	
<b>PESO ESPECIFICO DE MASA (Pe)</b>	2.248	2.264	2.237	<b>2.250</b>
<b>PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (Pesss)</b>	2.387	2.416	2.383	<b>2.395</b>
<b>PESO ESPECIFICO APARENTE (Pea)</b>	2.611	2.669	2.619	<b>2.633</b>
<b>PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (Ab)</b>	6.20%	6.70%	6.52%	<b>6.47%</b>

c. Peso Unitario (NTP 400.017:2011)

**Cálculo factor f**

- Peso específico del agua

PESO DE FIOLA	212,80 g
VOLUMEN FIOLA	500 cm <sup>3</sup>
PESO DE FIOLA+AGUA	710,70 g
PESO ESP. DEL AGUA	<b>0,9958 g/cm<sup>3</sup></b>



- Volumen del agua

PESO DEL RECIPIENTE+VIDRIO+GRASA	5151,00 g
PESO DEL RECIPIENTE+VIDRIO+GRASA+AGUA	14850,00 g
PESO DEL AGUA AGUA (Wa)	<b>9739,91 g</b>
Factor (f):	<b>102,67</b>

$$\text{Factor } f = \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{9.7399 \text{ Kg}} = 102.67$$

**d.1. Peso Unitario Suelto**

**Tabla XLII: Peso unitario suelto del Agregado Grueso Reciclado**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	4,22 Kg	4,22 Kg	4,22 Kg
Peso del Recipiente + Muestra (g)	16,06	16,01	16,08
Peso de la Muestra (g)	11,84	11,79	11,86
Factor(f)	102,67	102,67	102,67
Peso unitario suelto (Kg/m3)	1215,62	1210,48	1217,67
<b>Peso unitario suelto Promedio (Kg/m3)</b>	<b>1214,59 Kg/cm3</b>		

**d.2. Peso Unitario Compactado**

**Tabla XLIII: Peso unitario compactado del Agregado Grueso Reciclado**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	4,22 Kg	4,22 Kg	4,22 Kg
Peso del Recipiente + Muestra (g)	17,59	17,97	17,975
Peso de la Muestra (g)	13,370	13,750	13,755
Factor(f)	102,67	102,67	102,67
Peso unitario suelto (Kg/m3)	1372,70	1411,72	1412,23
<b>Peso unitario compactado Promedio (Kg/m3)</b>	<b>1398,88 Kg/cm3</b>		



d. Contenido de Humedad (NTP 339.185:2013)

**Tabla XLIV: Contenido de humedad del Agregado Grueso Reciclado**

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	38,80	39,20	39,00
Peso del Recipiente + Muestr. Hum.(g)	453,80	466,90	441,40
Peso del Recipiente + Muestr.Seca.(g)	438,20	448,40	426,00
Peso del agua (g).	15,60	18,50	15,40
Peso de Muestra Seca. (g).	399,40	409,20	387,00
Contenido de Humedad. (%)	3,91	4,52	3,98
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>4,14</b>		

e. Resistencia a la Abrasión (NTP 400.019 y NTP 400.020:2002) – Gradación A

**Tabla XLV: Resistencia a la abrasión del Agregado Grueso Reciclado**

TAMAÑO DE TAMICES NTP (ABERTURAS CUADRADADAS)				A
PASA		RETENIDO EN		
N°	(mm)	N°	(mm)	
1 1/2	37,5	1 1/2	37,5	1234.90
1	25,4	1	25,4	1258.50
3/4	19	3/4	19	1269.10
1/2	12,7	1/2	12,7	1384.60
Total de muestra Inicial (g)				5147,10
Total de muestra Final (g)				3059,00
Porcentaje de Desgaste (%)				<b>40,57</b>





## **ANEXO II**

### **DISEÑO DE MEZCLA CON EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS**



**DISEÑO DE MEZCLAS – CONCRETO CONVENCIONAL**

a. Características del cemento (NTP 334.082 / ASTM C1157)

- Tipo de Cemento: MS Fortimax 3
- P.E. (gr/cm<sup>3</sup>): 2.92

b. Características del Concreto a Diseñar

- Resistencia a los 28 días – F'c (kg/cm<sup>2</sup>): 210
- Slump (pulg): 3

c. Datos de las propiedades de los Agregados

PROPIEDADES DE AGREGADOS	AF	AGN
Peso específico de masa(g/cm <sup>3</sup> )	2.60	2.57
Peso unitario suelto(g/cm <sup>3</sup> )	1.68	1.46
Peso unitario compactado seco(g/cm <sup>3</sup> )	1.83	1.60
Contenido de humedad (%)	3.56	1.09
Absorción (%)	1.24	1.33
Desgaste a la abrasión (%)	-	26.80
Modulo de finura	3.12	7.76
Tamaño máximo nominal (pulg)	-	1.00

d. Resistencia a la Compresión Promedio (Control de Calidad)

**Criterio del Instituto de Ciencia de la Construcción Eduardo Torroja**

CONDICIÓN DE LA EJECUCIÓN DE OBRA	RELACIÓN APROXIMADA ENTRE LA RESISTENCIA PROMEDIO Y LA RESISTENCIA DE DISEÑO fcr/fc
Excelente	1.15
<b>Intermedio</b>	<b>1.20 a 1.25</b>
Corrientes	1.35 a 1.60

F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	210
F'cr (Kg/cm <sup>2</sup> )	252



e. Contenido de agua de mezclado (tablas)

Concreto sin aire incorporado	Agua de mezclado (lts)	195
	Aire atrapado (%)	1,5

f. Relación agua/cemento (tablas)

Por resistencia: 0.6172

g. Factor Cemento

$$\frac{A}{C} = \frac{195\text{ lts}}{C} = 0.6172$$

$$C = 316 \text{ Kg}$$

h. Cantidad de Cemento

$$\frac{C}{42.5\text{ KG}} = \frac{316 \text{ Kg}}{42.50 \text{ Kg}} = 7.43529 \text{ Bls/m}^3$$

✓ **Determinación del MF de la Combinación de Agregados (tablas)**

mc: 5.37

Hallando rf:

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf}$$

mg: 7.76

mf: 3.12

rf: 0.5150

✓ **Volumen Absoluto de los materiales**

Vol. Absoluto del cemento (m3)	0,108219178
Vol. Absoluto del agua (m3)	0,195
Vol. Absoluto del aire (m3)	0,015
<b>TOTAL (m3)</b>	<b>0,31821918</b>
<b>VOL. ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS (m3)</b>	<b>0,68178082</b>



✓ **Volumen Absoluto de los agregados**

$$r_f = \frac{\text{Vol. Abs. del Agregado Fino}}{\text{Vol. Abs. de los Agregados}}$$

Vol. Absoluto del agregado fino (m3)	0,351133
Vol. Absoluto del agregado grueso (m3)	0,330475

✓ **Peso de los Materiales**

Cemento (kg)	316.000
Agregado Fino (kg)	911.644
Agregado Grueso (kg)	849.388
Agua de Mezcla (lts)	195.00

✓ **Corrección por humedad**

Cemento	316.00 Kg/m3
Agregado Fino	944.06 Kg/m3
Agregado Grueso	860.68 Kg/m3
Agua de Mezcla	175.90 Lt/m3

✓ **Volumen de mezcla de prueba (3 probetas – 0.02 m3)**

Cemento	6.32 Kg
Agregado Fino	18.88 Kg
Agregado Grueso	17.21 Kg
Agua de Mezcla	3.52 Lts
<b>PESO TOTAL</b>	<b>45.93 Kg</b>



**AJUSTE DE MEZCLA DE CONCRETO CONVENCIONAL**

**a. Materiales de Diseño por metro cúbico, corregidos por humedad**

Agua efectiva Lts	175.90 lts
Cemento Kg	316.00 kg
Agregado Fino (húmedo) Kg	944.06 kg
Agregado Grueso (húmedo) Kg	860.68 kg

**b. Datos del Laboratorio**

Revenimiento o slump	15 cm
Peso unitario del C°	2280 kg/cm <sup>3</sup>
Agua Adicional	350 cm <sup>3</sup>
Mezcla	Sobrearenosa

**c. Colada para 3 especímenes (0.02 m<sup>3</sup>)**

Cemento	6.32 Kg
Agregado Fino	18.88 Kg
Agregado Grueso	17.21 Kg
Agua de Mezcla	3.87 Lts
<b>PESO DE TANDA</b>	<b>46.28 Kg</b>

**d. Rendimiento de mezcla de ensayo**

$$\frac{\text{Peso de Colada}}{\text{Peso Unitario del Concreto}}$$

- Rendimiento: 0.0202994 m<sup>3</sup>

**e. Agua de Mezcla**

Agua de mezclado por m<sup>3</sup>: 210.32lts/m<sup>3</sup>



**f. Corrección por asentamiento**

Slump obtenido	15.00 cm
Slump deseado	7.62 cm
Disminución de cantidad de agua	14.76 Lts
Agua nueva de mezclado	195.56 Lts

**g. Relación Agua/cemento : 0.6172**

Nueva Cantidad de Cemento: 325.088 kg/m<sup>3</sup>

**h. Corrección por trabajabilidad**

Volumen del AG (m <sup>3</sup> )	0.3306475
Nuevo volumen (m <sup>3</sup> )	0.3637122
Nuevo Peso (m <sup>3</sup> )	934.32648

**i. Volumen Absoluto en ensayo original sin considerar aire**

V.A. del Cemento (m <sup>3</sup> )	0.0021644
V.A. de agua (m <sup>3</sup> )	0.0042695
V.A. de A. Fino (m <sup>3</sup> )	0.0070231
V.A. de A. Grueso (m <sup>3</sup> )	0.0066129
<b>VOLUMEN TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>	<b>0.0200699</b>
Aire	1.0%

**j. Volumen absoluto de materiales (ajustados)**

Cemento (m <sup>3</sup> )	0.1085128
Agua (m <sup>3</sup> )	0.1955645
Agregado Grueso (m <sup>3</sup> )	0.3637122
Aire (m <sup>3</sup> )	0.01
<b>Total</b>	<b>0.6777895</b>

Volumen Total del Agregado Fino

Agregado Fino: 0.3222105 m<sup>3</sup>

Peso del Agregado fino: 836.49655 kg



**k. Peso Ajustado por m<sup>3</sup> corregidos por humedad**

Cemento	316.86 Kg
Agua Efectiva	193.23 Kg
Agregado Fino	837.53 Kg
Agregado Grueso	935.34 Kg

**Relación A/C = 0.6098**

**l. Volumen de mezclas (probetas de 4" x 8" = 0.0577 m<sup>3</sup>)**

Cemento	18.27 Kg
Agua Efectiva	11.14 kg
Agregado Fino	48.29 Kg
Agregado Grueso	53.93 Kg
<b>PESO TOTAL</b>	<b>131.63 Kg</b>

**Proporcionamiento en peso en obra**

**1:2.6:3 / 0.61 L/Kg**



**DISEÑO DE MEZCLAS – CONCRETO RECICLADO**

a. Características del cemento (NTP 334.082 / ASTM C1157)

- Tipo de Cemento: MS Fortimax 3
- P.E. (gr/cm<sup>3</sup>): 2.92

b. Características del Concreto a Diseñar

- Resistencia a los 28 días – F'c (kg/cm<sup>2</sup>): 210
- Slump (pulg): 3

c. Datos de las propiedades de los Agregados

PROPIEDADES DE AGREGADOS	AF	AGR
Peso específico de masa(g/cm <sup>3</sup> )	2.60	2.30
Peso unitario suelto(g/cm <sup>3</sup> )	1.68	1.21
Peso unitario compactado seco(g/cm <sup>3</sup> )	1.83	1.40
Contenido de humedad (%)	3.56	4.14
Absorción (%)	1.24	6.47
Desgaste a la abrasión (%)	-	40.57
Modulo de finura	3.12	7.71
Tamaño máximo nominal (pulg)	-	1.00

d. Resistencia a la Compresión Promedio (Control de Calidad)

**Criterio del Instituto de Ciencia de la Construcción Eduardo Torroja**

CONDICIÓN DE LA EJECUCIÓN DE OBRA	RELACIÓN APROXIMADA ENTRE LA RESISTENCIA PROMEDIO Y LA RESISTENCIA DE DISEÑO $f_{cr}/f_c$
Excelente	1.15
Intermedio	1.20 a 1.25
Corrientes	1.35 a 1.60

F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	210
F'cr (Kg/cm <sup>2</sup> )	252





e. Contenido de agua de mezclado (tablas)

Concreto sin aire incorporado	Agua de mezclado (lts)	195
	Aire atrapado (%)	1,5

f. Relación agua/cemento (tablas)

Por resistencia: 0.6172

g. Factor Cemento

$$\frac{A}{C} = \frac{195\text{ lts}}{C} = 0.6172$$

$$C = 316 \text{ Kg}$$

h. Cantidad de Cemento

$$\frac{C}{42.5\text{ KG}} = \frac{316 \text{ Kg}}{42.50 \text{ Kg}} = 7.4353 \text{ Bls/m}^3$$

✓ **Determinación del MF de la Combinación de Agregados (tablas)**

mc: 5.37

Hallando rf:

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf}$$

mg: 7.71

mf: 3.12

rf: 0.5089

✓ **Volumen Absoluto de los materiales**

Vol. Absoluto del cemento (m3)	0.108219178
Vol. Absoluto del agua (m3)	0.195
Vol. Absoluto del aire (m3)	0.015
<b>TOTAL (m3)</b>	<b>0.318219178</b>
<b>VOL. ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS (m3)</b>	<b>0.681780822</b>



✓ **Volumen Absoluto de los agregados**

$$r_f = \frac{\text{Vol. Abs. del Agregado Fino}}{\text{Vol. Abs. de los Agregados}}$$

Vol. Absoluto del agregado fino (m3)	0,3469497
Vol. Absoluto del agregado grueso (m3)	0,3348311

✓ **Peso de los Materiales**

Cemento (kg)	316.000
Agregado Fino (kg)	900.782
Agregado Grueso (kg)	768.533
Agua de Mezcla (lts)	195.00

✓ **Corrección por humedad**

Cemento	316.00 Kg/m3
Agregado Fino	932.81 Kg/m3
Agregado Grueso	818.26 Kg/m3
Agua de Mezcla	192.05 Lt/m3

✓ **Volumen de mezcla de prueba (3 probetas – 0.02 m3)**

Cemento	6.32 Kg
Agregado Fino	18.66 Kg
Agregado Grueso	16.37 Kg
Agua de Mezcla	3.84 Lts
<b>PESO TOTAL</b>	<b>45.18 Kg</b>



**AJUSTE DE MEZCLA DE CONCRETO RECICLADO**

**a. Materiales de Diseño por metro cúbico, corregidos por humedad**

Agua efectiva Lts	192.05
Cemento Kg	316.00
Agregado Fino (húmedo) Kg	932.81
Agregado Grueso (húmedo) Kg	818.26

**b. Datos del Laboratorio**

Revenimiento o slump	8.5 cm
Peso unitario del C°	2220 kg/m <sup>3</sup>
Agua Adicional	500 cm <sup>3</sup>
Mezcla	Sobrearenosa

**c. Colada para 3 probetas (0.02 m<sup>3</sup>)**

Cemento	6.32 Kg
Agregado Fino	18.66 Kg
Agregado Grueso	16.37 Kg
Agua de Mezcla	4.34 Lts
<b>PESO DE TANDA</b>	<b>45.68 Kg</b>

**d. Rendimiento de mezcla de ensayo**

$$\frac{\text{Peso de Colada}}{\text{Peso Unitario del Concreto}}$$

- Rendimiento: 0.0205776 m<sup>3</sup>

**e. Agua de Mezcla**

Agua de mezclado por m<sup>3</sup>: 213.75 lts/m<sup>3</sup>

**f. Corrección por asentamiento**



Slump obtenido	8.50 cm
Slump deseado	7.62 cm
Disminución de cantidad de agua	0.88 Lts
Agua nueva de mezclado	214.63 Lts

**g. Relación Agua/cemento: 0.6172**

Nueva Cantidad de Cemento: 347.75 kg

**h. Corrección por trabajabilidad**

Volumen del AG (m3)	0.334831
Nuevo volumen (m3)	0.368314
Nuevo Peso (m3)	828.5543

**i. Volumen Absoluto en ensayo original sin considerar aire**

V.A. del Cemento (m3)	0.0021644
V.A. de agua (m3)	0.0043985
V.A. de A. Fino (m3)	0.0069395
V.A. de A. Grueso (m3)	0.0068327
<b>VOLUMEN TOTAL (m3)</b>	<b>0.020335</b>
Aire	1.0%

**j. Volumen absoluto de materiales (ajustados)**

Cemento (m3)	0.1149093
Agua (m3)	0.2146333
Agregado Grueso (m3)	0.3683143
Aire (m3)	0.01
Total	0.7120411

**Volumen Total del Agregado Fino**

Agregado Fino: 0.287959 m3

Peso del Agregado fino: 747.57 kg



**k. Peso Ajustado por m<sup>3</sup> corregidos por humedad**

Cemento	347.75 Kg
Agua Efectiva	215.81 Kg
Agregado Fino	748.61 Kg
Agregado Grueso	829.60 Kg

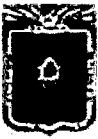
**Relación A/C = 0.6206**

**l. Volumen de mezclas (probetas de 4" x 8" = 0.0577 m<sup>3</sup>)**

Cemento	20.05 Kg
Agua Efectiva	12.44 Kg
Agregado Fino	43.16 Kg
Agregado Grueso	47.83 Kg

**Proporcionamiento en peso en obra**

**1:2.2:2.4 / 0.62 L/Kg**



## **ANEXO III**

### **MÓDULO DE ELASTICIDAD DE AMBOS CONCRETOS**



**CONCRETO CON AGREGADO NATURAL – ENSAYO A LOS 7 DÍAS**

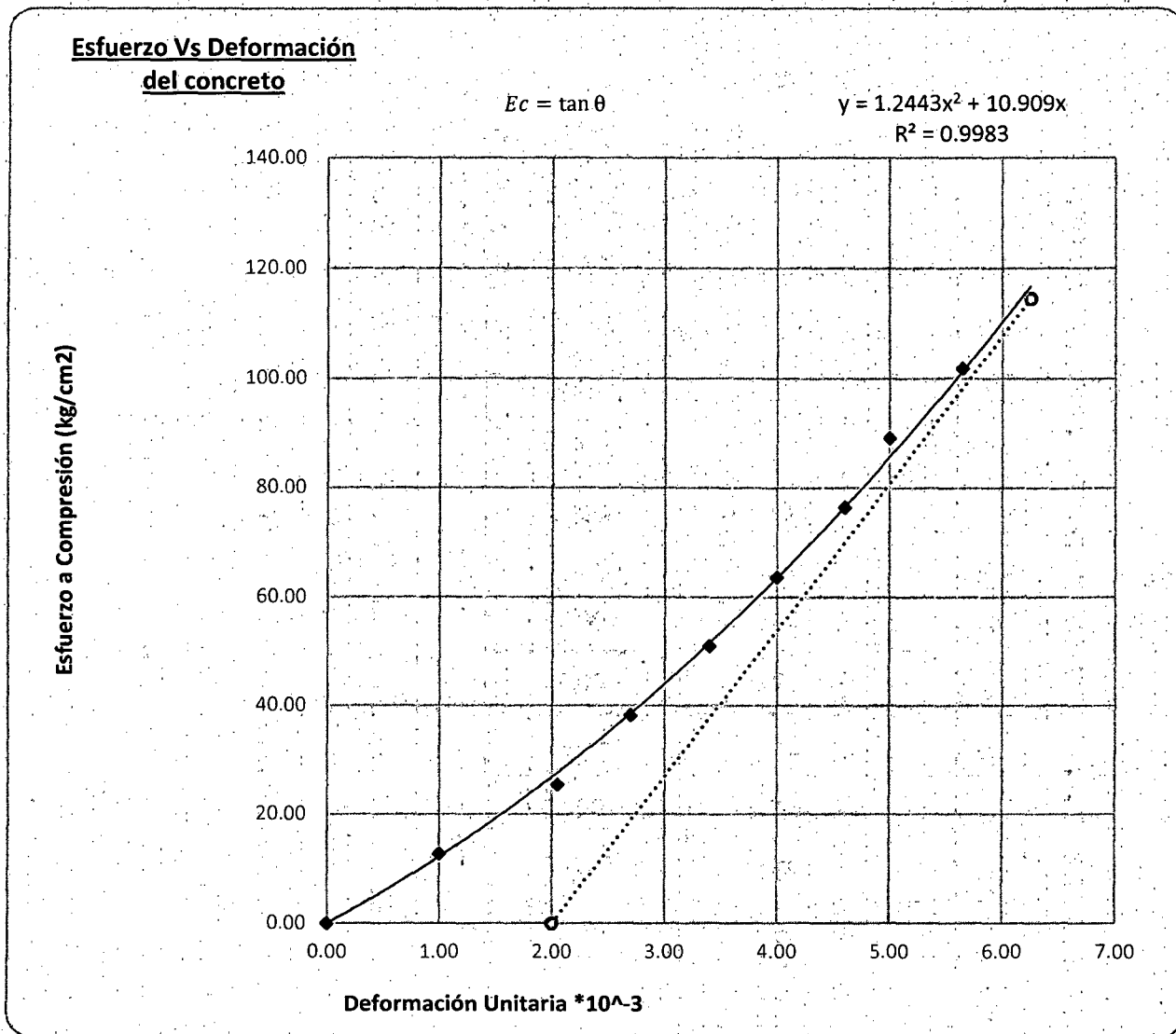
**PROBETA REPRESENTATIVA (N° 2)**

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
<b>ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)</b>					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:	CN7-2	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 3 y 5	
Peso (kg):		3.87	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.20	1.00	12.73	12.15	20
2.00	0.41	2.05	25.46	27.59	41
3.00	0.54	2.70	38.20	38.53	54
4.00	0.68	3.40	50.93	51.47	68
5.00	0.80	4.00	63.66	63.54	80
6.00	0.92	4.60	76.39	76.51	92
7.00	1.00	5.00	89.13	85.65	100
8.00	1.13	5.65	101.86	101.36	113
9.00	1.25	6.25	114.59	116.79	125
Ecuación:		Esf=1.244x <sup>2</sup> + 10.909x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9983			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		114.59			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		160571			





**Figura 18: Deformación unitario vs resistencia a la compresión (Concreto natural – 7 días)**





**MÓDULO DE ELASTICIDAD DE 6 PROBETAS MÁS**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):		7
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:		CN7-1
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:		Tipo - 5
Peso (kg):		3.85	Altura (mm):		200.00
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):		78.54
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.38	1.90	12.73	6.30	38
2.00	0.55	2.75	25.46	12.58	55
3.00	0.73	3.65	38.20	21.57	73
4.00	0.85	4.25	50.93	28.90	85
5.00	1.00	5.00	63.66	39.56	100
6.00	1.15	5.75	76.39	51.89	115
7.00	1.30	6.50	89.13	65.89	130
8.00	1.45	7.25	101.86	81.56	145
9.00	1.55	7.75	114.59	92.94	155
10.00	1.80	9.00	127.32	124.61	180
11.00	1.90	9.50	140.06	138.58	190
Ecuación:		Esf=1.483x2 + 0.496x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9974			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		140.06			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		177518			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:	CN7-3	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 3 y 5	
Peso (kg):		3.86	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10^-3)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.45	2.25	12.73	6.07	45
2.00	0.60	3.00	25.46	10.00	60
3.00	0.78	3.90	38.20	15.97	78
4.00	1.00	5.00	50.93	25.13	100
5.00	1.25	6.25	63.66	38.01	125
6.00	1.38	6.90	76.39	45.76	138
7.00	1.50	7.50	89.13	53.54	150
8.00	1.65	8.25	101.86	64.13	165
9.00	1.70	8.50	114.59	67.87	170
<b>10.00</b>	<b>2.00</b>	<b>10.00</b>	<b>127.32</b>	<b>92.53</b>	<b>200</b>
Ecuación:		Esf=1.245x2 - 4.127x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9878			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		127.32			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		169257			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):		7
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:		CN7-4
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:		Tipo - 5
Peso (kg):		3.86	Altura (mm):		200.00
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):		78.54
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.20	1.00	12.73	6.45	20
2.00	0.47	2.35	25.46	18.46	47
3.00	0.80	4.00	38.20	38.29	80
4.00	1.06	5.30	50.93	57.90	106
5.00	1.17	5.85	63.66	67.25	117
6.00	1.28	6.40	76.39	77.24	128
7.00	1.39	6.95	89.13	87.85	139
8.00	1.50	7.50	101.86	99.10	150
9.00	1.63	8.15	114.59	113.20	163
10.00	1.72	8.60	127.32	123.47	172
Ecuación:		Esf=1.04x2 + 5.41x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9879			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		127.32			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		169257			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):		7
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:		CN7-5
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:		Tipo - 3 y 5
Peso (kg):		3.84	Altura (mm):		200.00
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):		78.54
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.18	0.90	12.73	12.23	18
2.00	0.38	1.90	25.46	27.43	38
3.00	0.52	2.60	38.20	39.08	52
4.00	0.64	3.20	50.93	49.73	64
5.00	0.78	3.90	63.66	62.92	78
6.00	0.90	4.50	76.39	74.89	90
7.00	1.05	5.25	89.13	90.71	105
8.00	1.15	5.75	101.86	101.79	115
Ecuación:		Esf=0.848x <sup>2</sup> + 12.827x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9988			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		101.86			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		151388			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):		7
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:		CN7-6
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:		Tipo - 5
Peso (kg):		3.91	Altura (mm):		200.00
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):		78.54
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.13	0.65	12.73	13.14	13
2.00	0.26	1.30	25.46	28.64	26
3.00	0.36	1.80	38.20	42.19	36
4.00	0.44	2.20	50.93	54.04	44
5.00	0.50	2.50	63.66	63.52	50
6.00	0.56	2.80	76.39	73.50	56
7.00	0.62	3.10	89.13	83.99	62
8.00	0.70	3.50	101.86	98.76	70
9.00	0.77	3.85	114.59	112.42	77
10.00	0.87	4.35	127.32	133.13	87
Ecuación:		Esf=2.8097x2 + 18.382x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9933			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		127.32			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		169257			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPECÍMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:	CN7-7	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.86	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.30	1.50	12.73	5.33	30
2.00	0.50	2.50	25.46	15.36	50
3.00	0.65	3.25	38.20	26.29	65
4.00	0.80	4.00	50.93	40.12	80
5.00	0.90	4.50	63.66	50.97	90
6.00	1.05	5.25	76.39	69.67	105
7.00	1.15	5.75	89.13	83.75	115
8.00	1.22	6.10	101.86	94.38	122
9.00	1.33	6.65	114.59	112.37	133
<b>10.00</b>	<b>1.44</b>	<b>7.20</b>	<b>127.32</b>	<b>131.92</b>	<b>144</b>
Ecuación:		Esf=2.591x2 -0.333x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9742			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		127.32			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		169257			



**CONCRETO CON AGREGADO NATURAL – ENSAYO A LOS 14 DÍAS**

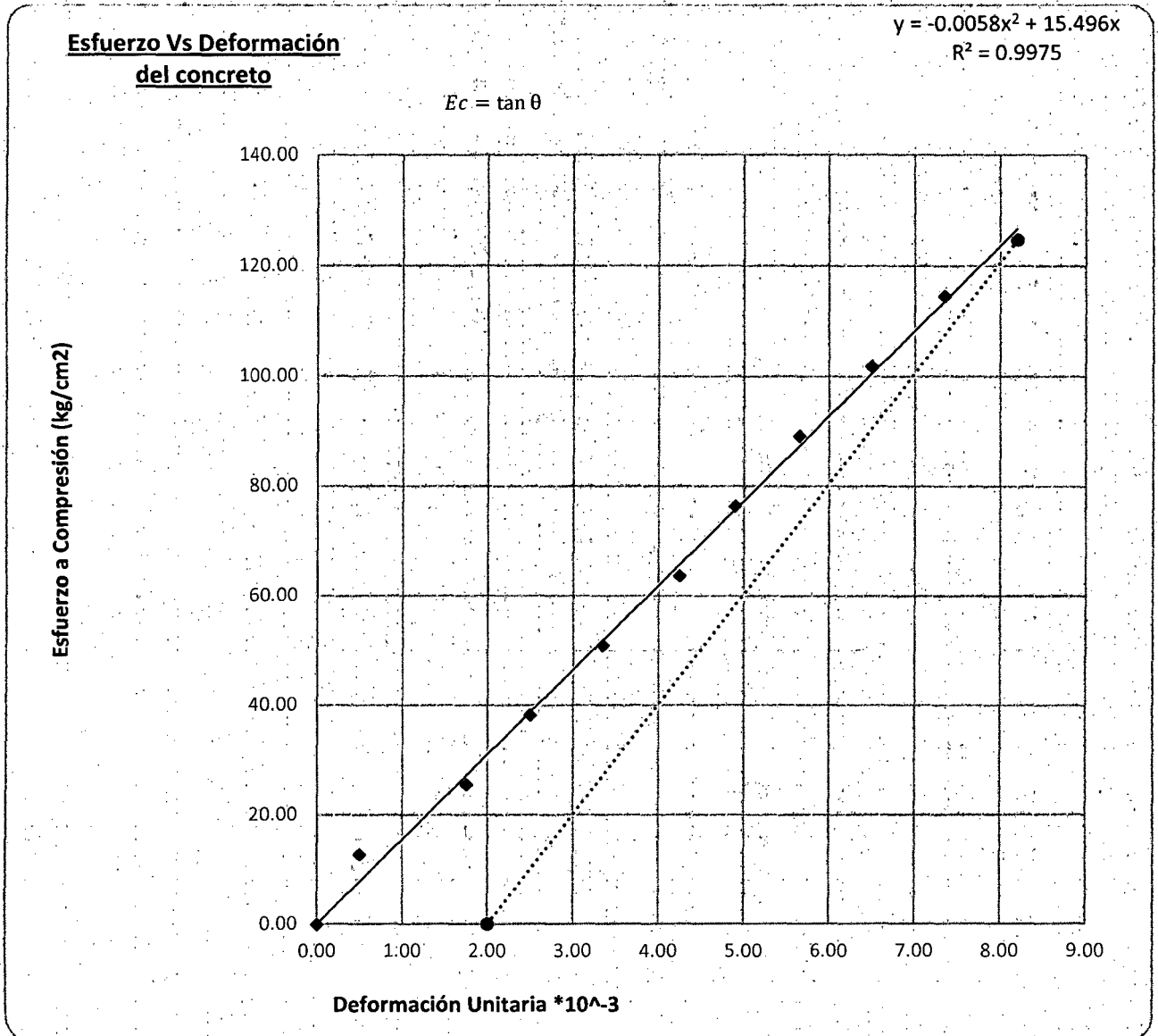


**PROBETA REPRESENTATIVA (N° 3)**

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
<b>ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)</b>					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:		13/12/2014	Código:	CN14-3	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		12.53	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		3.86	Área (cm <sup>2</sup> ):	11.70	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.10	0.50	12.73	7.05	10
2.00	0.35	1.75	25.46	25.45	35
3.00	0.50	2.50	38.20	37.02	50
4.00	0.67	3.35	50.93	50.61	67
5.00	0.85	4.25	63.66	65.56	85
6.00	0.98	4.90	76.39	76.71	98
7.00	1.13	5.65	89.13	89.94	113
8.00	1.30	6.50	101.86	105.42	130
9.00	1.47	7.35	114.59	121.40	147
<b>9.80</b>	<b>1.64</b>	<b>8.20</b>	<b>124.78</b>	<b>137.90</b>	<b>164</b>
Ecuación:		Esf=0.352x <sup>2</sup> + 13.929x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9947			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		124.78			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		167556			



**Figura 19: Deformación unitario vs resistencia a la compresión (Concreto natural – 14 días)**



**MÓDULO DE ELASTICIDAD DE 6 PROBETAS MÁS**

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
<b>ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)</b>					
<b>Cemento:</b>		<b>Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)</b>			
<b>Fecha de elaboración:</b>		<b>29/11/2014</b>	<b>Edad (días):</b>		<b>14</b>
<b>Fecha de rotura:</b>		<b>13/12/2014</b>	<b>Código:</b>		<b>CN14-1</b>
<b>Resistencia f'c (kg/cm2):</b>		<b>210</b>	<b>Falla:</b>		<b>Tipo - 5</b>
<b>Peso (kg):</b>		<b>3.86</b>	<b>Altura (mm):</b>		<b>200.00</b>
<b>Diámetro (cm):</b>		<b>10.00</b>	<b>Área (cm2):</b>		<b>78.54</b>
<b>Carga (Tn)</b>	<b>Deformac. (mm)</b>	<b>Def. Unit. (*10<sup>-3</sup>)</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm2)</b>	<b>Esf. Corr. (kg/cm2)</b>	<b>Lectura</b>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.10	0.50	12.73	6.38	10
2.00	0.30	1.50	25.46	20.32	30
3.00	0.52	2.60	38.20	37.45	52
4.00	0.67	3.35	50.93	50.23	67
5.00	0.82	4.10	63.66	63.88	82
6.00	0.97	4.85	76.39	78.41	97
7.00	1.10	5.50	89.13	91.72	110
8.00	1.23	6.15	101.86	105.69	123
9.00	1.32	6.60	114.59	115.75	132
10.00	1.40	7.00	127.32	124.95	140
11.00	1.48	7.40	140.06	134.41	148
<b>11.50</b>	<b>1.56</b>	<b>7.80</b>	<b>146.42</b>	<b>144.12</b>	<b>156</b>
<b>Ecuación:</b>		<b>Esf=0.783x2 + 12.37x</b>			
<b>Coef. de correlación</b>		<b>R<sup>2</sup> = 0.9682</b>			
<b>Esf. de rotura (Kg/cm2)</b>		<b>146.42</b>			
<b>Módulo de elasticidad (kg/cm2)</b>		<b>181508</b>			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):		14
Fecha de rotura:		13/12/2014	Código:		CN14-2
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:		Tipo - 3 y 5
Peso (kg):		3.82	Altura (mm):		200.00
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):		78.54
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.15	0.75	12.73	10.53	15
2.00	0.34	1.70	25.46	25.37	34
3.00	0.50	2.50	38.20	39.17	50
4.00	0.62	3.10	50.93	50.31	62
5.00	0.76	3.80	63.66	64.15	76
6.00	0.88	4.40	76.39	76.74	88
7.00	1.00	5.00	89.13	90.01	100
8.00	1.12	5.60	101.86	103.94	112
9.00	1.24	6.20	114.59	118.55	124
10.00	1.36	6.80	127.32	133.83	136
<b>10.65</b>	<b>1.48</b>	<b>7.40</b>	<b>135.60</b>	<b>149.79</b>	<b>148</b>
Ecuación:		Esf=0.933x2 + 13.335x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9993			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		135.60			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		174671			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:		13/12/2014	Código:	CN14-4	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.84	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.10	0.50	12.73	10.21	10
2.00	0.25	1.25	25.46	25.92	25
3.00	0.38	1.90	38.20	39.90	38
4.00	0.45	2.25	50.93	47.58	45
5.00	0.57	2.85	63.66	60.97	57
6.00	0.70	3.50	76.39	75.81	70
7.00	0.85	4.25	89.13	93.36	85
8.00	0.95	4.75	101.86	105.31	95
9.00	1.06	5.30	114.59	118.70	106
10.00	1.10	5.50	127.32	123.64	110
11.00	1.22	6.10	140.06	138.62	122
12.00	1.32	6.60	152.79	151.34	132
13.00	1.40	7.00	165.52	161.66	140
14.00	1.55	7.75	178.25	181.37	155
Ecuación:		Esf=0.410x2 + 20.223x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9682			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		178.25			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		200268			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:		13/12/2014	Código:	CN14-5	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 3 y 5	
Peso (kg):		3.85	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10^-3)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.20	1.00	12.73	11.30	20
2.00	0.42	2.10	25.46	26.88	42
3.00	0.57	2.85	38.20	39.40	57
4.00	0.73	3.65	50.93	54.44	73
5.00	0.85	4.25	63.66	66.86	85
6.00	0.95	4.75	76.39	77.96	95
7.00	1.05	5.25	89.13	89.75	105
8.00	1.14	5.70	101.86	100.94	114
9.00	1.22	6.10	114.59	111.34	122
10.00	1.30	6.50	127.32	122.19	130
11.00	1.40	7.00	140.06	136.36	140
12.00	1.48	7.40	152.79	148.18	148
13.00	1.65	8.25	165.52	174.76	165
Ecuación:		Esf=1.363x2 + 9.940x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9949			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		165.52			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		192983			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:		13/12/2014	Código:	CN14-6	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 3 y 5	
Peso (kg):		3.86	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10^-3)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.05	0.25	12.73	5.76	5
2.00	0.20	1.00	25.46	23.43	20
3.00	0.35	1.75	38.20	41.73	35
4.00	0.45	2.25	50.93	54.27	45
5.00	0.55	2.75	63.66	67.09	55
6.00	0.63	3.15	76.39	77.54	63
7.00	0.72	3.60	89.13	89.50	72
8.00	0.78	3.90	101.86	97.60	78
9.00	0.88	4.40	114.59	111.33	88
10.00	0.97	4.85	127.32	123.91	97
11.00	1.08	5.40	140.06	139.59	108
12.00	1.20	6.00	152.79	157.08	120
Ecuación:		Esf=0.549x2 +22.885x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.995			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		152.79			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		185412			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:		13/12/2014	Código:	CN14-7	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.85	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.34	1.71	12.73	12.95	34
2.00	0.52	2.60	25.46	25.32	52
3.00	0.69	3.43	38.20	40.36	69
4.00	0.86	4.31	50.93	59.70	86
5.00	1.03	5.17	63.66	82.45	103
6.00	1.21	6.03	76.39	108.81	121
7.00	1.38	6.89	89.13	138.76	138
8.00	1.55	7.76	101.86	172.31	155
9.00	1.72	8.62	114.59	209.47	172
10.00	1.90	9.48	127.32	250.23	190
11.00	2.07	10.34	140.06	294.58	207
<b>12.00</b>	<b>2.24</b>	<b>11.21</b>	<b>152.79</b>	<b>342.54</b>	<b>224</b>
Ecuación:		Esf=2.421x2 + 3.445x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9372			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		152.79			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		185412			





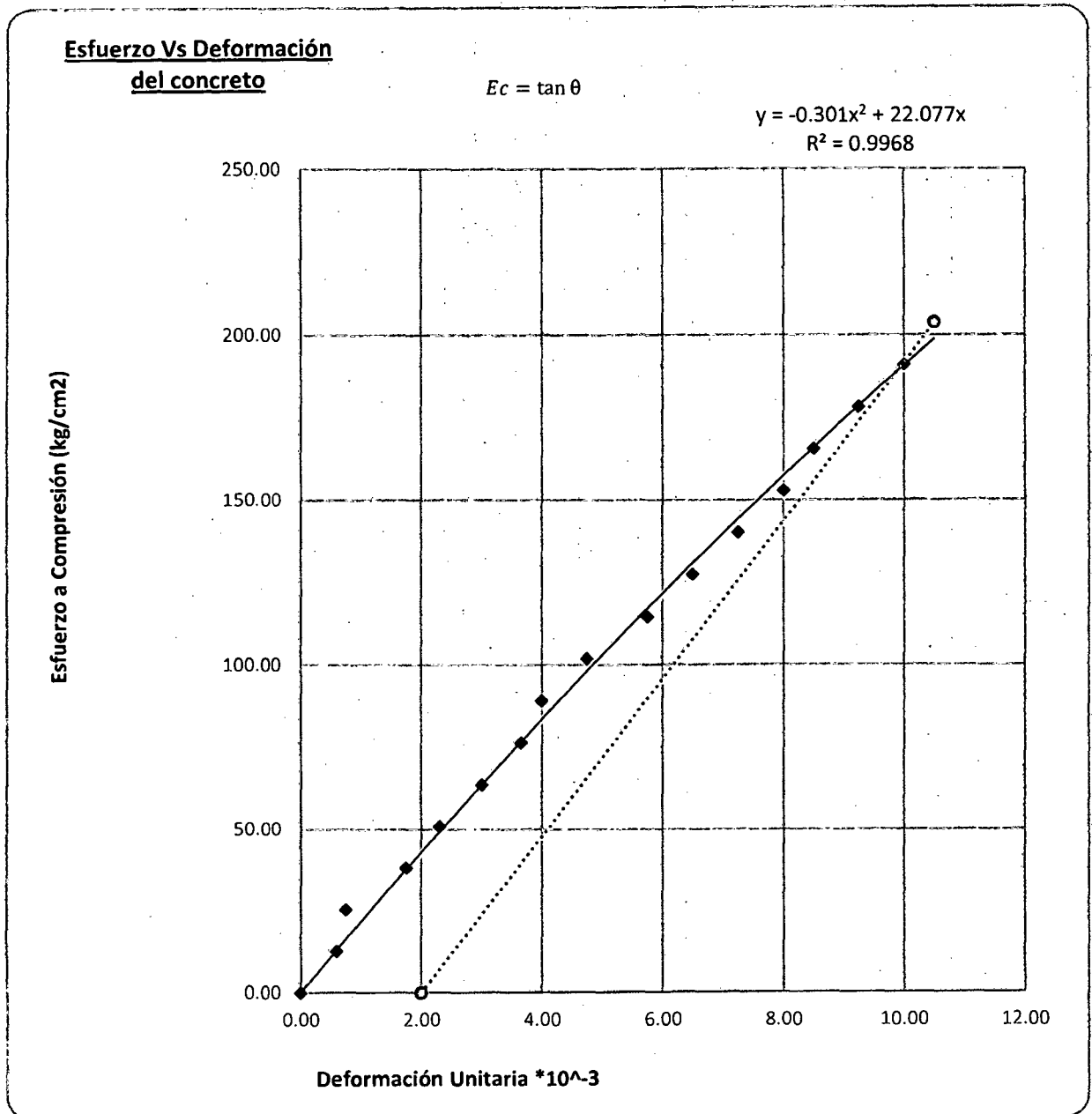
**CONCRETO CON AGREGADO NATURAL – ENSAYO A LOS 28 DÍAS**

**PROBETA 1**

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
<b>ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)</b>					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CN28-1	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 3	
Peso (kg):		3.86	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.12	0.60	12.73	13.74	12
2.00	0.15	0.75	25.46	17.13	15
3.00	0.35	1.75	38.20	39.30	35
4.00	0.46	2.30	50.93	51.17	46
5.00	0.60	3.00	63.66	65.93	60
6.00	0.73	3.65	76.39	79.30	73
7.00	0.80	4.00	89.13	86.36	80
8.00	0.95	4.75	101.86	101.18	95
9.00	1.15	5.75	114.59	120.26	115
10.00	1.30	6.50	127.32	134.06	130
11.00	1.45	7.25	140.06	147.43	145
12.00	1.60	8.00	152.79	160.36	160
13.00	1.70	8.50	165.52	168.75	170
14.00	1.85	9.25	178.25	180.96	185
15.00	2.00	10.00	190.99	192.73	200
<b>16.00</b>	<b>2.10</b>	<b>10.50</b>	<b>203.72</b>	<b>200.34</b>	<b>210</b>
Ecuación:		Esf=1.0435x <sup>2</sup> + 14.005x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9904			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		203.72			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		214095			



Figura 20: Deformación unitario vs resistencia a la compresión (Concreto natural – 28 días)





**PROBETA 2**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CN28-2	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.82	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.10	0.50	12.73	14.15	10
2.00	0.20	1.00	25.46	29.29	20
3.00	0.30	1.50	38.20	45.43	30
4.00	0.40	2.00	50.93	62.55	40
5.00	0.47	2.35	63.66	75.13	47
6.00	0.53	2.65	76.39	86.29	53
7.00	0.58	2.90	89.13	95.87	58
8.00	0.62	3.10	101.86	103.71	62
9.00	0.68	3.40	114.59	115.77	68
10.00	0.73	3.65	127.32	126.09	73
11.00	0.77	3.85	140.06	134.53	77
12.00	0.82	4.10	152.79	145.29	82
13.00	0.87	4.35	165.52	156.31	87
14.00	0.92	4.60	178.25	167.57	92
15.00	0.98	4.90	190.99	181.41	98
16.00	1.03	5.15	203.72	193.22	103
17.00	1.08	5.40	216.45	205.28	108
17.75	1.13	5.65	226.00	217.58	113
Ecuación:		Esf=1.982x2 + 27.31x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9861			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		226.00			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		225500			

**PROBETA 3**

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
<b>ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)</b>					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CN28-3	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.86	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.15	0.75	12.73	0.36	15
2.00	0.23	1.15	25.46	1.25	23
3.00	0.35	1.75	38.20	3.51	35
4.00	0.45	2.25	50.93	6.24	45
5.00	0.53	2.65	63.66	8.98	53
6.00	0.65	3.25	76.39	14.00	65
7.00	0.75	3.75	89.13	19.04	75
8.00	0.90	4.50	101.86	28.02	90
9.00	1.00	5.00	114.59	34.97	100
10.00	1.20	6.00	127.32	51.17	120
11.00	1.30	6.50	140.06	60.41	130
12.00	1.43	7.15	152.79	73.59	143
13.00	1.57	7.85	165.52	89.22	157
14.00	1.75	8.75	178.25	111.53	175
15.00	1.90	9.50	190.99	132.02	190
16.00	2.00	10.00	203.72	146.64	200
<b>17.00</b>	<b>2.25</b>	<b>11.25</b>	<b>216.45</b>	<b>186.54</b>	<b>225</b>
Ecuación:		Esf=1.534x2 - 0.676x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9968			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		216.45			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		220684			



**PROBETA 4**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CN28-4	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.84	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.25	1.25	12.73	10.93	25
2.00	0.45	2.25	25.46	22.70	45
3.00	0.60	3.00	38.20	33.29	60
4.00	0.80	4.00	50.93	49.78	80
5.00	0.95	4.75	63.66	63.91	95
6.00	1.05	5.25	76.39	74.18	105
7.00	1.20	6.00	89.13	90.83	120
8.00	1.33	6.65	101.86	106.50	133
9.00	1.45	7.25	114.59	121.96	145
10.00	1.50	7.50	127.32	128.70	150
11.00	1.60	8.00	140.06	142.66	160
12.00	1.65	8.25	152.79	149.90	165
13.00	1.75	8.75	165.52	164.88	175
14.00	1.80	9.00	178.25	172.62	180
15.00	1.90	9.50	190.99	188.61	190
16.00	2.00	10.00	203.72	205.27	200
17.00	2.10	10.50	216.45	222.61	210
<b>18.00</b>	<b>2.18</b>	<b>10.90</b>	<b>229.18</b>	<b>236.96</b>	<b>218</b>
Ecuación:		Esf=1.347x2 + 7.057x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9973			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		229.18			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		227082			

**PROBETA 5**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CN28-5	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.85	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.15	0.75	12.73	0.41	15
2.00	0.23	1.15	25.46	1.38	23
3.00	0.38	1.90	38.20	4.63	38
4.00	0.60	3.00	50.93	12.75	60
5.00	0.73	3.65	63.66	19.43	73
6.00	0.85	4.25	76.39	26.82	85
7.00	1.00	5.00	89.13	37.73	100
8.00	1.10	5.50	101.86	46.04	110
9.00	1.25	6.25	114.59	60.04	125
10.00	1.38	6.90	127.32	73.67	138
11.00	1.50	7.50	140.06	87.49	150
12.00	1.63	8.15	152.79	103.81	163
13.00	1.73	8.65	165.52	117.30	173
14.00	1.85	9.25	178.25	134.58	185
15.00	2.05	10.25	190.99	166.02	205
16.00	2.25	11.25	203.72	200.75	225
<b>16.40</b>	<b>2.45</b>	<b>12.25</b>	<b>208.81</b>	<b>238.78</b>	<b>245</b>
Ecuación:		Esf=1.648x <sup>2</sup> - 0.6918x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9983			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		208.81			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		216755			



**PROBETA 6**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CN28-6	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.86	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.12	0.60	12.73	9.19	12
2.00	0.25	1.25	25.46	19.43	25
3.00	0.40	2.00	38.20	31.61	40
4.00	0.68	3.40	50.93	55.37	68
5.00	0.82	4.10	63.66	67.76	82
6.00	0.98	4.90	76.39	82.33	98
7.00	1.10	5.50	89.13	93.54	110
8.00	1.20	6.00	101.86	103.08	120
9.00	1.30	6.50	114.59	112.78	130
10.00	1.40	7.00	127.32	122.66	140
11.00	1.55	7.75	140.06	137.80	155
12.00	1.65	8.25	152.79	148.11	165
13.00	1.77	8.85	165.52	160.71	177
14.00	1.89	9.45	178.25	173.56	189
15.00	2.00	10.00	190.99	185.55	200
16.00	2.13	10.65	203.72	199.99	213
17.00	2.20	11.00	216.45	207.89	220
18.00	2.27	11.35	229.18	215.87	227
<b>18.50</b>	<b>2.34</b>	<b>11.70</b>	<b>235.55</b>	<b>223.93</b>	<b>234</b>
Ecuación:		Esf=0.344x <sup>2</sup> + 15.116x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9931			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		235.55			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		230214			



**PROBETA 7**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CN28-7	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		12.53	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		3.85	Área (cm2):	11.64	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.27	1.33	12.73	10.68	27
2.00	0.49	2.43	25.46	23.91	49
3.00	0.62	3.12	38.20	34.12	62
4.00	0.75	3.75	50.93	44.97	75
5.00	0.90	4.50	63.66	59.51	90
6.00	1.00	5.00	76.39	70.24	100
7.00	1.08	5.40	89.13	79.42	108
8.00	1.15	5.75	101.86	87.88	115
9.00	1.23	6.15	114.59	98.04	123
10.00	1.30	6.50	127.32	107.36	130
11.00	1.40	7.00	140.06	121.38	140
12.00	1.45	7.25	152.79	128.70	145
13.00	1.55	7.75	165.52	143.95	155
14.00	1.68	8.40	178.25	165.01	168
15.00	1.75	8.75	190.99	176.93	175
16.00	1.85	9.25	203.72	194.65	185
17.00	1.95	9.75	216.45	213.19	195
17.11	2.05	10.25	217.85	232.56	205
Ecuación:		Esf=1.6458x2 + 5.819x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9922			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		217.85			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		221397			



**CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO – ENSAYO A LOS 7 DÍAS**

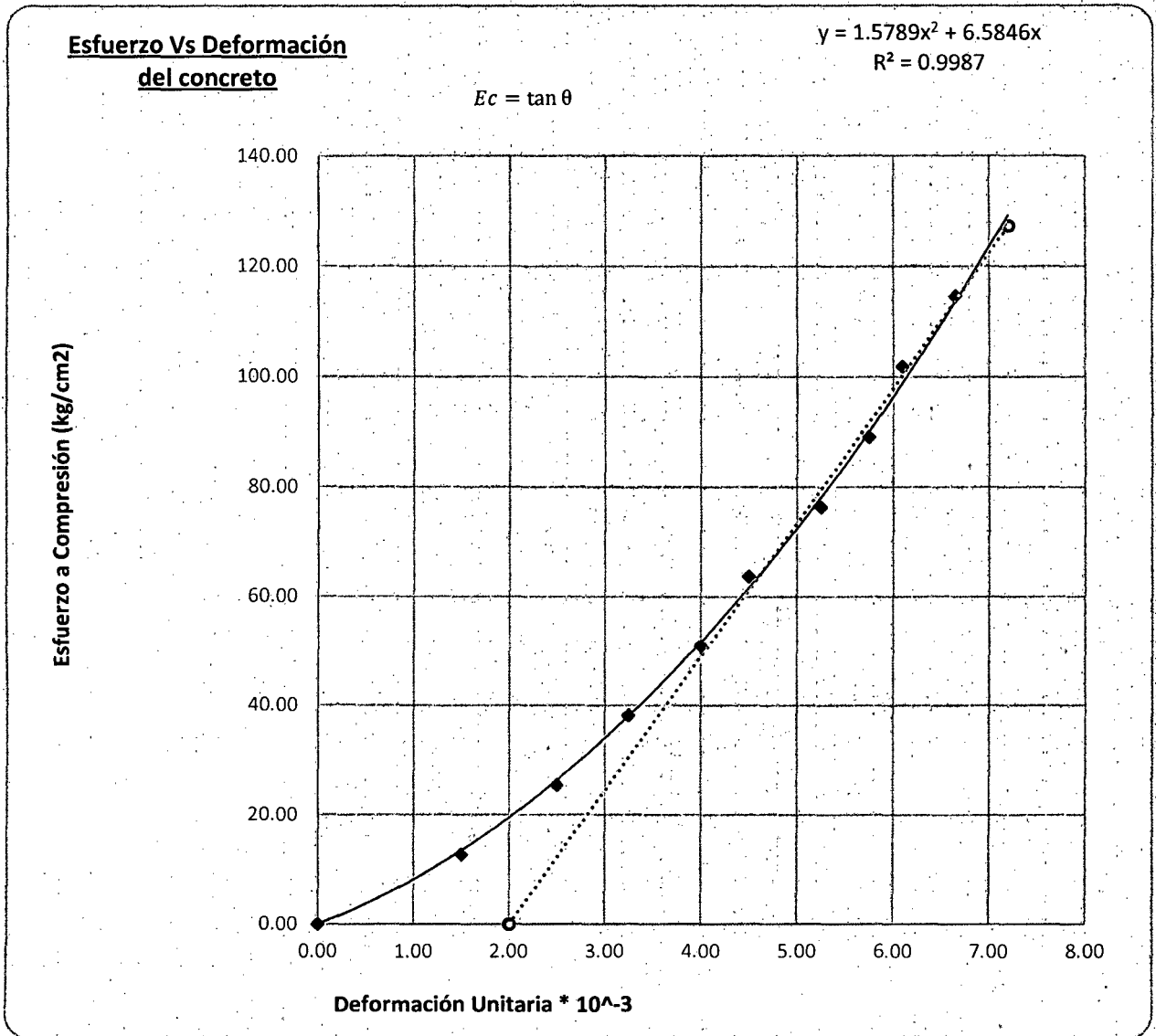


**PROBETA REPRESENTATIVA (N° 7)**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):		7
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:		CR7-7
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:		Tipo - 3 Y 5
Peso (kg):		3.69	Altura (mm):		200.00
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):		78.54
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.30	1.50	12.73	14.20	30
2.00	0.50	2.50	25.46	24.67	50
3.00	0.65	3.25	38.20	33.05	65
4.00	0.80	4.00	50.93	41.89	80
5.00	0.90	4.50	63.66	48.03	90
6.00	1.05	5.25	76.39	57.61	105
7.00	1.15	5.75	89.13	64.25	115
8.00	1.22	6.10	101.86	69.02	122
9.00	1.33	6.65	114.59	76.72	133
<b>10.00</b>	<b>1.44</b>	<b>7.20</b>	<b>127.32</b>	<b>84.65</b>	<b>144</b>
Ecuación:		Esf=0.402x2 + 8.685x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9965			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		127.32			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		169257			



Figura 21: Deformación unitario vs resistencia a la compresión (Concreto reciclado – 7 días)



**MÓDULO DE ELASTICIDAD DE 6 PROBETAS MÁS**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:	CR7-1	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.70	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.38	1.90	12.73	7.72	38
2.00	0.55	2.75	25.46	13.41	55
3.00	0.73	3.65	38.20	20.94	73
4.00	0.85	4.25	50.93	26.82	85
5.00	1.00	5.00	63.66	35.14	100
6.00	1.15	5.75	76.39	44.54	115
7.00	1.30	6.50	89.13	55.01	130
8.00	1.45	7.25	101.86	66.56	145
9.00	1.55	7.75	114.59	74.85	155
10.00	1.80	9.00	127.32	97.69	180
11.00	1.90	9.50	140.06	107.65	190
11.50	2.00	10.00	146.42	118.10	200
Ecuación:		Esf=0.9564x2 + 2.246x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9969			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		146.42			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		181508			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):		7
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:		CR7-2
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:		Tipo - 3 Y 5
Peso (kg):		3.72	Altura (mm):		200.00
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):		78.54
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.20	1.00	12.73	13.88	20
2.00	0.40	2.00	25.46	30.35	40
3.00	0.52	2.60	38.20	41.47	52
4.00	0.62	3.10	50.93	51.44	62
5.00	0.73	3.65	63.66	63.16	73
6.00	0.81	4.05	76.39	72.17	81
7.00	0.90	4.50	89.13	82.80	90
8.00	1.05	5.25	101.86	101.68	105
9.00	1.20	6.00	114.59	122.02	120
9.50	1.35	6.75	120.96	143.80	135
Ecuación:		Esf=1.2905x2 + 12.593x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9913			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		120.96			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		164971			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:	CR7-3	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 3 Y 5	
Peso (kg):		3.79	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.30	1.50	12.73	13.51	30
2.00	0.60	3.00	25.46	29.43	60
3.00	0.79	3.95	38.20	40.76	79
4.00	0.97	4.85	50.93	52.38	97
5.00	1.18	5.90	63.66	67.04	118
6.00	1.36	6.80	76.39	80.54	136
7.00	1.49	7.45	89.13	90.83	149
8.00	1.67	8.35	101.86	105.83	167
9.00	1.90	9.50	114.59	126.25	190
<b>10.00</b>	<b>2.57</b>	<b>12.85</b>	<b>127.32</b>	<b>193.81</b>	<b>257</b>
Ecuación:		Esf=0.5352x2 + 8.205x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9713			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		127.32			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		169257			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:	CR7-4	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.63	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.20	1.00	12.73	10.40	20
2.00	0.47	2.35	25.46	24.59	47
3.00	0.75	3.75	38.20	39.48	75
4.00	0.95	4.75	50.93	50.23	95
5.00	1.10	5.50	63.66	58.35	110
6.00	1.20	6.00	76.39	63.80	120
7.00	1.35	6.75	89.13	72.01	135
8.00	1.50	7.50	101.86	80.27	150
9.00	1.61	8.05	114.59	86.36	161
10.00	1.72	8.60	127.32	92.48	172
<b>10.50</b>	<b>1.83</b>	<b>9.15</b>	<b>133.69</b>	<b>98.62</b>	<b>183</b>
Ecuación:		Esf=0.0463x2 + 10.355x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9919			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		133.69			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		173437			





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):		7
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:		CR7-5
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:		Tipo - 5
Peso (kg):		3.78	Altura (mm):		200.00
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):		78.54
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.18	0.90	12.73	7.55	18
2.00	0.38	1.90	25.46	15.96	38
3.00	0.52	2.60	38.20	21.88	52
4.00	0.64	3.20	50.93	26.96	64
5.00	0.78	3.90	63.66	32.91	78
6.00	0.90	4.50	76.39	38.02	90
7.00	1.05	5.25	89.13	44.43	105
8.00	1.15	5.75	101.86	48.71	115
Ecuación:		Esf=0.018x2 + 8.368x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.981			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		101.86			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		151388			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:		06/12/2014	Código:	CR7-6	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.68	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.13	0.65	12.73	5.41	13
2.00	0.26	1.30	25.46	11.61	26
3.00	0.36	1.80	38.20	16.93	36
4.00	0.44	2.20	50.93	21.53	44
5.00	0.50	2.50	63.66	25.17	50
6.00	0.56	2.80	76.39	28.99	56
7.00	0.62	3.10	89.13	32.97	62
8.00	0.70	3.50	101.86	38.55	70
9.00	0.78	3.90	114.59	44.43	78
10.00	0.86	4.30	127.32	50.62	86
11.00	0.94	4.70	140.06	57.11	94
11.50	1.02	5.10	146.42	63.90	102
Ecuación:		Esf=0.946x2 + 7.703x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9956			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		146.42			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		181508			



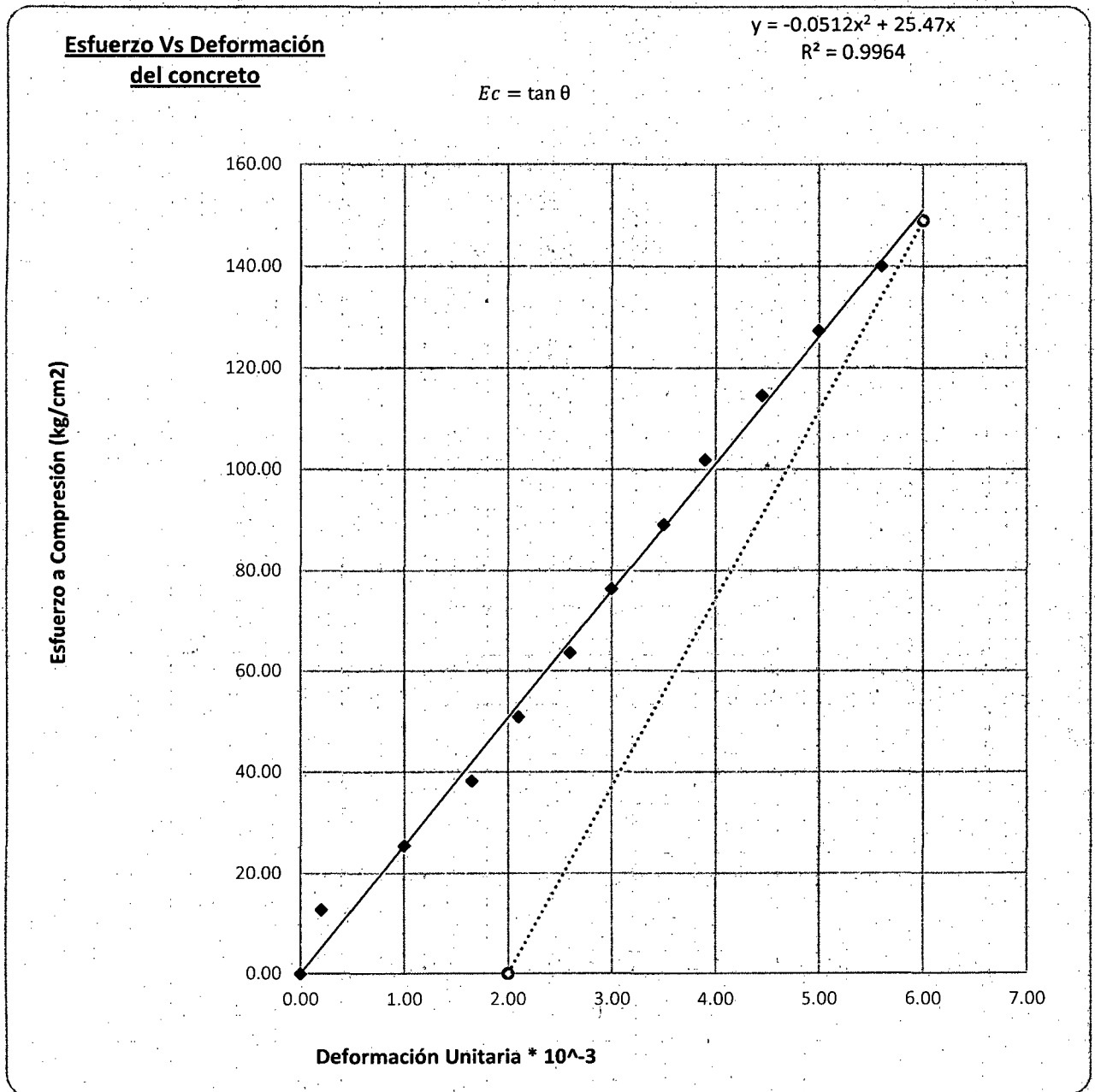
**CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO – ENSAYO A LOS 14 DÍAS**

**PROBETA REPRESENTATIVA (N° 3)**

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
<b>ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)</b>					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):		14
Fecha de rotura:		13/12/2014	Código:		CR14-3
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:		Tipo - 5
Peso (kg):		3.72	Altura (mm):		200.00
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):		78.54
<b>Carga (Tn)</b>	<b>Deformac. (mm)</b>	<b>Def. Unit. (* 10<sup>-3</sup>)</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esf. Corr. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Lectura</b>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.04	0.20	12.73	5.01	4
2.00	0.20	1.00	25.46	25.10	20
3.00	0.33	1.65	38.20	41.49	33
4.00	0.42	2.10	50.93	52.88	42
5.00	0.52	2.60	63.66	65.57	52
6.00	0.60	3.00	76.39	75.74	60
7.00	0.70	3.50	89.13	88.50	70
8.00	0.78	3.90	101.86	98.72	78
9.00	0.89	4.45	114.59	112.83	89
10.00	1.00	5.00	127.32	126.98	100
11.00	1.12	5.60	140.06	142.46	112
<b>11.70</b>	<b>1.20</b>	<b>6.00</b>	<b>148.97</b>	<b>152.81</b>	<b>120</b>
Ecuación:		Esf=0.074x <sup>2</sup> + 25.03x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9958			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		148.97			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		183079			



Figura 22: Deformación unitario vs resistencia a la compresión (Concreto reciclado – 14 días)



**MÓDULO DE ELASTICIDAD DE 6 PROBETAS MÁS**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:		13/12/2014	Código:	CR14-1	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.75	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.12	0.60	12.73	15.21	12
2.00	0.23	1.15	25.46	29.71	23
3.00	0.32	1.60	38.20	41.98	32
4.00	0.40	2.00	50.93	53.19	40
5.00	0.47	2.35	63.66	63.23	47
6.00	0.55	2.75	76.39	74.98	55
7.00	0.63	3.15	89.13	87.01	63
8.00	0.72	3.60	101.86	100.88	72
9.00	0.79	3.95	114.59	111.93	79
10.00	0.87	4.35	127.32	124.81	87
11.00	0.95	4.75	140.06	137.99	95
12.00	1.07	5.35	152.79	158.28	107
13.00	1.13	5.65	165.52	168.67	113
Ecuación:		Esf=0.8921x <sup>2</sup> + 24.812x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9966			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		165.52			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		192983			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):		14
Fecha de rotura:		13/12/2014	Código:		CR14-2
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:		Tipo - 3 Y 5
Peso (kg):		3.73	Altura (mm):		200.00
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):		78.54
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.10	0.50	12.73	12.06	10
2.00	0.22	1.10	25.46	26.67	22
3.00	0.30	1.50	38.20	36.49	30
4.00	0.38	1.90	50.93	46.38	38
5.00	0.47	2.35	63.66	57.59	47
6.00	0.65	3.25	76.39	80.26	65
7.00	0.75	3.75	89.13	92.99	75
8.00	0.85	4.25	101.86	105.84	85
<b>8.80</b>	<b>0.93</b>	<b>4.65</b>	<b>112.05</b>	<b>116.19</b>	<b>93</b>
Ecuación:		Esf=0.2089x2 +24.015x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9959			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		112.05			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		158777			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):		14
Fecha de rotura:		13/12/2014	Código:		CR14-4
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:		Tipo - 5
Peso (kg):		3.76	Altura (mm):		200.00
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):		78.54
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.08	0.40	12.73	4.97	8
2.00	0.33	1.65	25.46	21.46	33
3.00	0.60	3.00	38.20	40.94	60
4.00	0.81	4.05	50.93	57.28	81
5.00	0.95	4.75	63.66	68.75	95
6.00	1.06	5.30	76.39	78.09	106
7.00	1.17	5.85	89.13	87.72	117
8.00	1.30	6.50	101.86	99.47	130
9.00	1.43	7.15	114.59	111.62	143
<b>10.00</b>	<b>1.60</b>	<b>8.00</b>	<b>127.32</b>	<b>128.11</b>	<b>160</b>
Ecuación:		Esf=0.474x2 + 12.24x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9242			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		127.32			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		169257			





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:		13/12/2014	Código:	CR14-5	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 3 Y 5	
Peso (kg):		3.71	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.09	0.45	12.73	9.44	9
2.00	0.25	1.25	25.46	27.10	25
3.00	0.39	1.95	38.20	43.47	39
4.00	0.49	2.45	50.93	55.69	49
5.00	0.57	2.85	63.66	65.79	57
6.00	0.66	3.30	76.39	77.48	66
7.00	0.75	3.75	89.13	89.53	75
8.00	0.82	4.10	101.86	99.15	82
9.00	0.90	4.50	114.59	110.40	90
10.00	1.00	5.00	127.32	124.87	100
11.00	1.07	5.35	140.06	135.25	107
12.00	1.16	5.80	152.79	148.92	116
13.00	1.32	6.60	165.52	174.10	132
14.00	1.40	7.00	178.25	187.11	140
Ecuación:		Esf=0.879x2 + 20.58x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9942			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		178.25			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		200268			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:		13/12/2014	Código:	CR14-6	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.76	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.15	0.75	12.73	-3.32	15
2.00	0.30	1.50	25.46	-3.07	30
3.00	0.40	2.00	38.20	-0.91	40
4.00	0.53	2.65	50.93	4.26	53
5.00	0.68	3.40	63.66	13.56	68
6.00	0.75	3.75	76.39	19.12	75
7.00	0.85	4.25	89.13	28.41	85
8.00	0.95	4.75	101.86	39.30	95
9.00	1.10	5.50	114.59	58.60	110
10.00	1.25	6.25	127.32	81.47	125
11.00	1.33	6.65	140.06	95.13	133
12.00	1.45	7.25	152.79	117.52	145
13.00	1.55	7.75	165.52	137.92	155
Ecuación:		Esf=3.1746x2 - 6.806x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9678			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		165.52			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		192983			



<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
<b>ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)</b>					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:		13/12/2014	Código:	CR14-7	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.79	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.30	1.50	12.73	17.56	30
2.00	0.48	2.40	25.46	33.40	48
3.00	0.60	3.00	38.20	46.17	60
4.00	0.69	3.45	50.93	56.92	69
5.00	0.77	3.85	63.66	67.30	77
6.00	0.85	4.25	76.39	78.47	85
7.00	0.91	4.55	89.13	87.36	91
8.00	0.99	4.95	101.86	99.91	99
9.00	1.05	5.25	114.59	109.83	105
10.00	1.12	5.60	127.32	121.97	112
11.00	1.20	6.00	140.06	136.58	120
12.00	1.25	6.25	152.79	146.11	125
13.00	1.32	6.60	165.52	159.97	132
14.00	1.40	7.00	178.25	176.54	140
15.00	1.50	7.50	190.99	198.37	150
<b>15.25</b>	<b>1.55</b>	<b>7.75</b>	<b>194.17</b>	<b>209.74</b>	<b>155</b>
Ecuación:		Esf=2.4572x2 + 8.02x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9848			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		194.17			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		209017			



**CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO – ENSAYO A LOS 28 DÍAS**

**PROBETA 1**

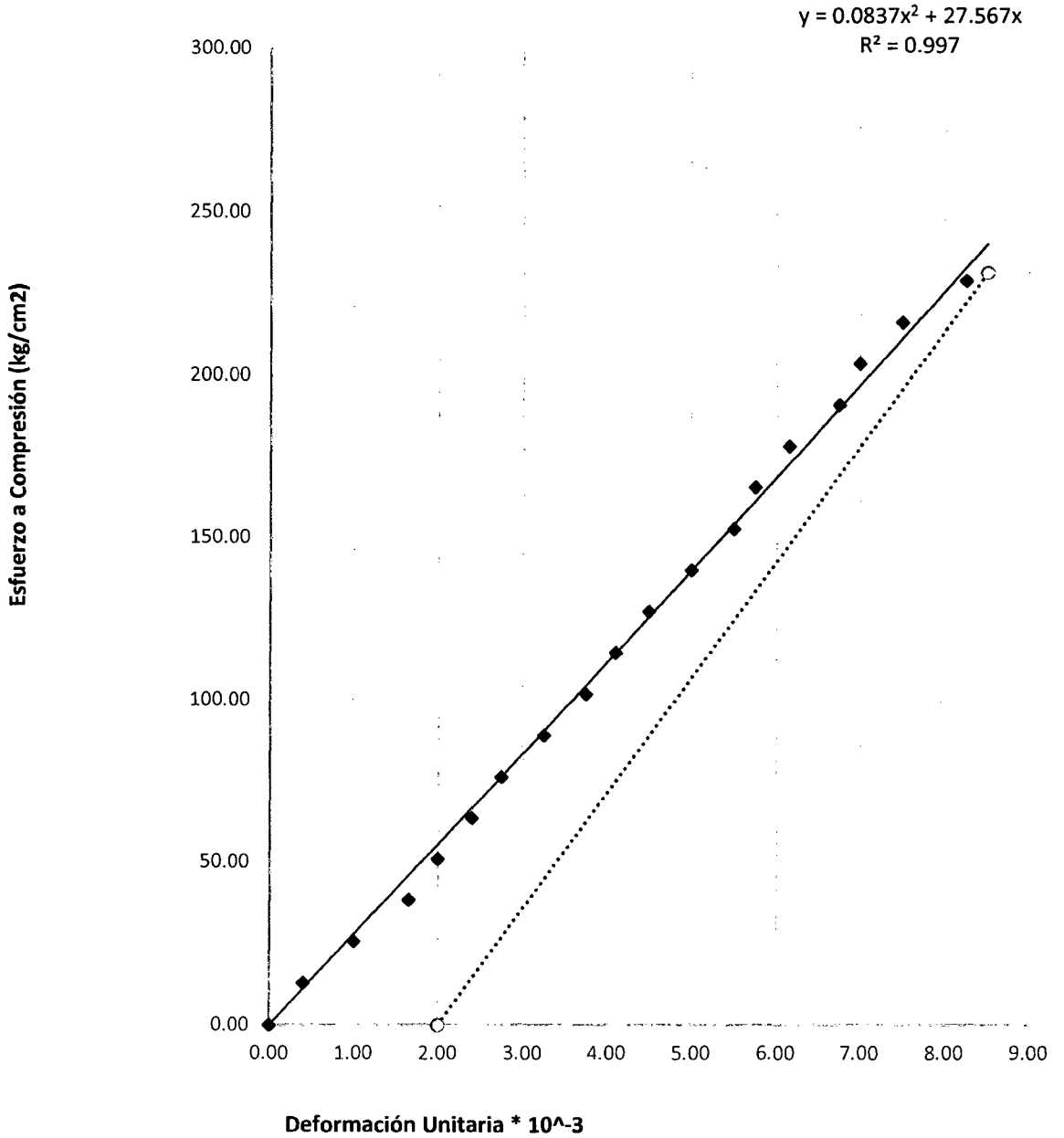
<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
<b>ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)</b>					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CR28-1	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 3	
Peso (kg):		3.75	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.08	0.40	12.73	7.38	8
2.00	0.20	1.00	25.46	19.83	20
3.00	0.33	1.65	38.20	35.20	33
4.00	0.40	2.00	50.93	44.28	40
5.00	0.48	2.40	63.66	55.34	48
6.00	0.55	2.75	76.39	65.64	55
7.00	0.65	3.25	89.13	81.32	65
8.00	0.75	3.75	101.86	98.15	75
9.00	0.82	4.10	114.59	110.62	82
10.00	0.90	4.50	127.32	125.57	90
11.00	1.00	5.00	140.06	145.29	100
12.00	1.10	5.50	152.79	166.16	110
13.00	1.15	5.75	165.52	177.02	115
14.00	1.23	6.15	178.25	195.01	123
15.00	1.35	6.75	190.99	223.38	135
16.00	1.40	7.00	203.72	235.69	140
17.00	1.50	7.50	216.45	261.17	150
18.00	1.65	8.25	229.18	301.56	165
<b>18.20</b>	<b>1.70</b>	<b>8.50</b>	<b>231.73</b>	<b>315.60</b>	<b>170</b>
Ecuación:		Esf=2.306x <sup>2</sup> + 17.525x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9872			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		231.73			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		228340			



**Figura 23: Deformación unitario vs resistencia a la compresión (Concreto reciclado – 28 días)**

**Esfuerzo Vs Deformación del concreto**

$E_c = \tan \theta$





**PROBETA 2**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CR28-2	
Resistencia f'c (kg/cm2):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.74	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm2):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.05	0.25	12.73	3.35	5
2.00	0.27	1.35	25.46	20.19	27
3.00	0.45	2.25	38.20	36.56	45
4.00	0.60	3.00	50.93	51.97	60
5.00	0.73	3.65	63.66	66.63	73
6.00	0.84	4.20	76.39	79.98	84
7.00	0.93	4.65	89.13	91.55	93
8.00	1.03	5.15	101.86	105.08	103
9.00	1.10	5.50	114.59	114.98	110
10.00	1.20	6.00	127.32	129.74	120
11.00	1.28	6.40	140.06	142.05	128
12.00	1.30	6.50	152.79	145.20	130
13.00	1.40	7.00	165.52	161.39	140
14.00	1.48	7.40	178.25	174.85	148
15.00	1.55	7.75	190.99	187.01	155
16.00	1.65	8.25	203.72	204.99	165
17.00	1.72	8.60	216.45	218.00	172
<b>17.25</b>	<b>1.80</b>	<b>9.00</b>	<b>219.63</b>	<b>233.30</b>	<b>180</b>
Ecuación:		Esf=1.433x2 + 13.024x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9969			
Esf. de rotura (Kg/cm2)		219.63			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)		222301			

**PROBETA 3**

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
<b>ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)</b>					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CR28-3	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 3 Y 5	
Peso (kg):		3.72	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.02	0.10	12.73	2.08	2
2.00	0.20	1.00	25.46	21.28	20
3.00	0.33	1.65	38.20	35.64	33
4.00	0.45	2.25	50.93	49.27	45
5.00	0.57	2.85	63.66	63.26	57
6.00	0.68	3.40	76.39	76.39	68
7.00	0.77	3.85	89.13	87.35	77
8.00	0.88	4.40	101.86	101.03	88
9.00	1.00	5.00	114.59	116.29	100
10.00	1.10	5.50	127.32	129.28	110
11.00	1.20	6.00	140.06	142.51	120
12.00	1.30	6.50	152.79	155.99	130
13.00	1.40	7.00	165.52	169.72	140
14.00	1.45	7.25	178.25	176.68	145
15.00	1.55	7.75	190.99	190.78	155
16.00	1.60	8.00	203.72	197.92	160
17.00	1.70	8.50	216.45	212.39	170
18.00	1.78	8.90	229.18	224.15	178
<b>18.40</b>	<b>1.85</b>	<b>9.25</b>	<b>234.28</b>	<b>234.56</b>	<b>185</b>
Ecuación:		Esf=0.4943x <sup>2</sup> + 20.786x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9967			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		234.28			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		229591			



**PROBETA 4**

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
<b>ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)</b>					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CR28-4	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 3	
Peso (kg):		3.76	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.10	0.50	12.73	7.63	10
2.00	0.22	1.10	25.46	16.85	22
3.00	0.35	1.75	38.20	26.90	35
4.00	0.55	2.75	50.93	42.50	55
5.00	0.75	3.75	63.66	58.27	75
6.00	0.90	4.50	76.39	70.21	90
7.00	1.10	5.50	89.13	86.28	110
8.00	1.25	6.25	101.86	98.45	125
9.00	1.50	7.50	114.59	118.93	150
10.00	1.65	8.25	127.32	131.35	165
11.00	1.75	8.75	140.06	139.68	175
12.00	1.90	9.50	152.79	152.26	190
13.00	2.10	10.50	165.52	169.18	210
14.00	2.30	11.50	178.25	186.27	230
15.00	2.40	12.00	190.99	194.88	240
16.00	2.50	12.50	203.72	203.53	250
17.00	2.60	13.00	216.45	212.22	260
18.00	2.75	13.75	229.18	225.34	275
19.00	2.80	14.00	241.92	229.73	280
Ecuación:		Esf=0.0849x <sup>2</sup> + 15.221x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9938			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		241.92			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		233305			



**PROBETA 5**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CR28-5	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.71	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.05	0.25	12.73	7.76	5
2.00	0.20	1.00	25.46	31.04	20
3.00	0.29	1.45	38.20	45.00	29
4.00	0.35	1.75	50.93	54.30	35
5.00	0.45	2.25	63.66	69.80	45
6.00	0.50	2.50	76.39	77.54	50
7.00	0.58	2.90	89.13	89.93	58
8.00	0.65	3.25	101.86	100.77	65
9.00	0.73	3.65	114.59	113.15	73
10.00	0.80	4.00	127.32	123.97	80
11.00	0.85	4.25	140.06	131.70	85
12.00	0.95	4.75	152.79	147.16	95
13.00	1.05	5.25	165.52	162.60	105
14.00	1.20	6.00	178.25	185.76	120
15.00	1.25	6.25	190.99	193.47	125
16.00	1.37	6.85	203.72	211.98	137
17.00	1.45	7.25	216.45	224.31	145
18.00	1.50	7.50	229.18	232.01	150
<b>18.20</b>	<b>1.65</b>	<b>8.25</b>	<b>231.73</b>	<b>255.11</b>	<b>165</b>
Ecuación:		Esf=-0.0165x <sup>2</sup> + 31.059x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9938			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		231.73			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		228340			

**PROBETA 6**

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>					
<b>ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)</b>					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CR28-6	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 3 Y 5	
Peso (kg):		3.76	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.10	0.50	12.73	8.54	10
2.00	0.28	1.40	25.46	25.99	28
3.00	0.38	1.90	38.20	36.85	38
4.00	0.43	2.15	50.93	42.59	43
5.00	0.58	2.90	63.66	61.05	58
6.00	0.72	3.60	76.39	79.97	72
7.00	0.80	4.00	89.13	91.51	80
8.00	0.90	4.50	101.86	106.68	90
9.00	0.95	4.75	114.59	114.57	95
10.00	1.05	5.25	127.32	130.99	105
11.00	1.10	5.50	140.06	139.51	110
12.00	1.18	5.90	152.79	153.57	118
13.00	1.23	6.15	165.52	162.62	123
14.00	1.30	6.50	178.25	175.65	130
15.00	1.38	6.90	190.99	191.04	138
16.00	1.45	7.25	203.72	204.94	145
17.00	1.50	7.50	216.45	215.11	150
17.20	1.55	7.75	219.00	225.50	155
Ecuación:		Esf=1.6585x2 + 16.243x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9969			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		219.00			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		221978			



**PROBETA 7**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN PATRÓN (CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO)					
Cemento:		Pacasmayo Tipo MS (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:		29/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:		27/12/2014	Código:	CR28-7	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):		210	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):		3.74	Altura (mm):	200.00	
Diámetro (cm):		10.00	Área (cm <sup>2</sup> ):	78.54	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (* 10 <sup>-3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Lectura
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.05	0.25	12.73	4.96	5
2.00	0.25	1.23	25.46	25.00	25
3.00	0.36	1.79	38.20	37.18	36
4.00	0.46	2.28	50.93	47.87	46
5.00	0.57	2.84	63.66	60.77	57
6.00	0.72	3.58	76.39	78.03	72
7.00	0.85	4.23	89.13	94.08	85
8.00	0.94	4.68	101.86	105.15	94
9.00	1.02	5.08	114.59	115.58	102
10.00	1.11	5.53	127.32	127.09	111
11.00	1.19	5.94	140.06	138.17	119
12.00	1.27	6.36	152.79	149.46	127
13.00	1.39	6.94	165.52	165.61	139
14.00	1.48	7.40	178.25	178.59	148
15.00	1.57	7.84	190.99	191.34	157
16.00	1.65	8.25	203.72	203.34	165
17.00	1.73	8.65	216.45	215.28	173
18.00	1.85	9.25	229.18	233.56	185
<b>18.30</b>	<b>1.95</b>	<b>9.75</b>	<b>233.00</b>	<b>249.12</b>	<b>195</b>
Ecuación:		Esf=0.603x <sup>2</sup> + 19.672x			
Coef. de correlación		R <sup>2</sup> = 0.9976			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		233.00			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )		228967			



**ANEXO IV**  
**GRÁFICAS Y CUADROS ESTADÍSTICOS**



**COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR**

**Tabla XLVI: Coeficiente de Variación y Desviación Estándar del Concreto con Agregado Grueso Reciclado**

CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO	Resistencia promedio	228.40 kg/cm <sup>2</sup>	
	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	X - Xprom	(X - Xprom) <sup>2</sup>
Probeta 1	231.73	3.33	11.08
Probeta 2	219.63	-8.77	76.86
Probeta 3	234.28	5.88	34.52
Probeta 4	229.18	0.78	0.61
Probeta 5	231.73	3.33	11.08
Probeta 6	219.00	-9.40	88.43
Probeta 7	233.26	4.86	23.59
Desviación Estándar	6.37 kg/cm <sup>2</sup>		
Coeficiente de Variación	2.79%		

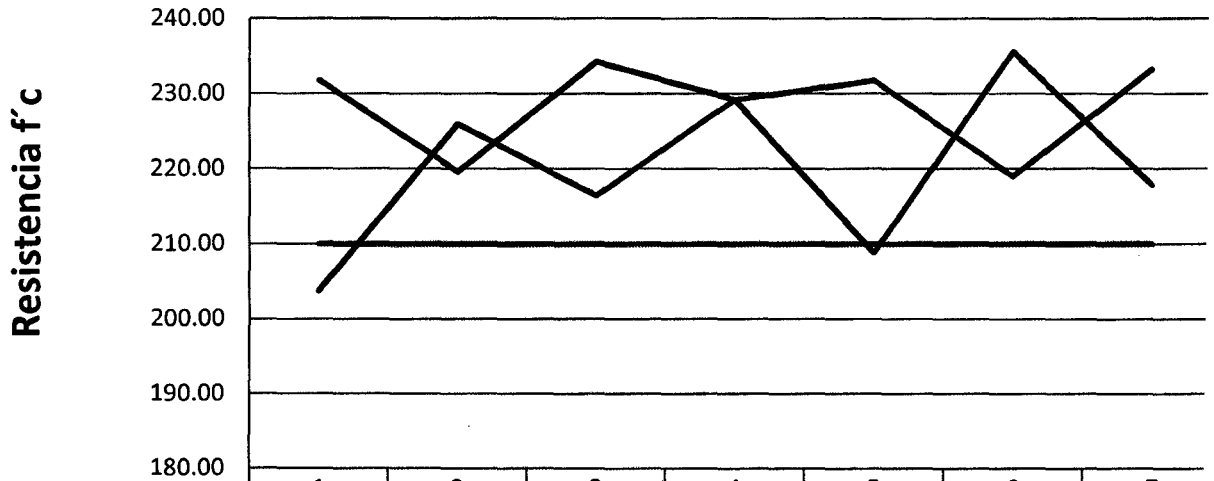
**Tabla XLVII: Coeficiente de Variación y Desviación Estándar del Concreto Natural**

CONCRETO NATURAL	Resistencia promedio	219.65 kg/cm <sup>2</sup>	
	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	X - Xprom	(X - Xprom) <sup>2</sup>
Probeta 1	203.72	-15.93	253.88
Probeta 2	226.00	6.35	40.30
Probeta 3	216.45	-3.20	10.25
Probeta 4	229.18	9.53	90.84
Probeta 5	208.81	-10.84	117.52
Probeta 6	235.55	15.90	252.72
Probeta 7	217.85	-1.80	3.24
Desviación Estándar	11.32 kg/cm <sup>2</sup>		
Coeficiente de Variación	5.15%		



Figura 24: Desviación estándar en la Resistencia a los 28 días

Desviación estándar en la Resistencia a los 28 días

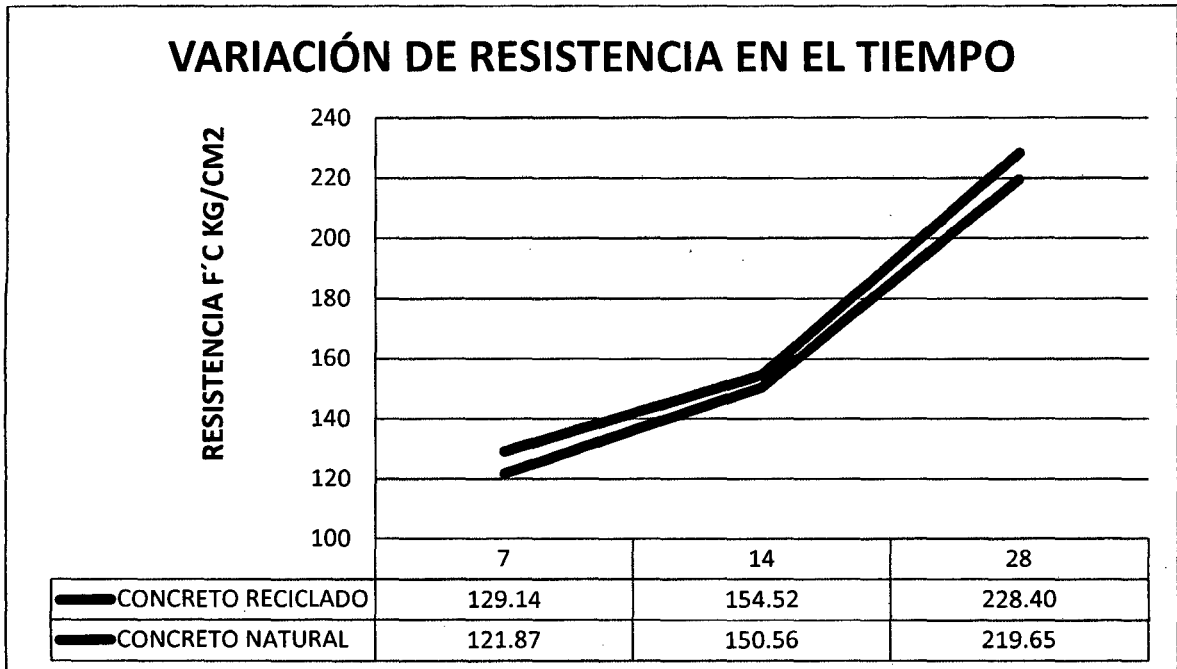


	1	2	3	4	5	6	7
CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO	231.73	219.63	234.28	229.18	231.73	219.00	233.26
CONCRETO NATURAL	203.72	226.00	216.45	229.18	208.81	235.55	217.85
f'c = 210 kg/cm2	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00



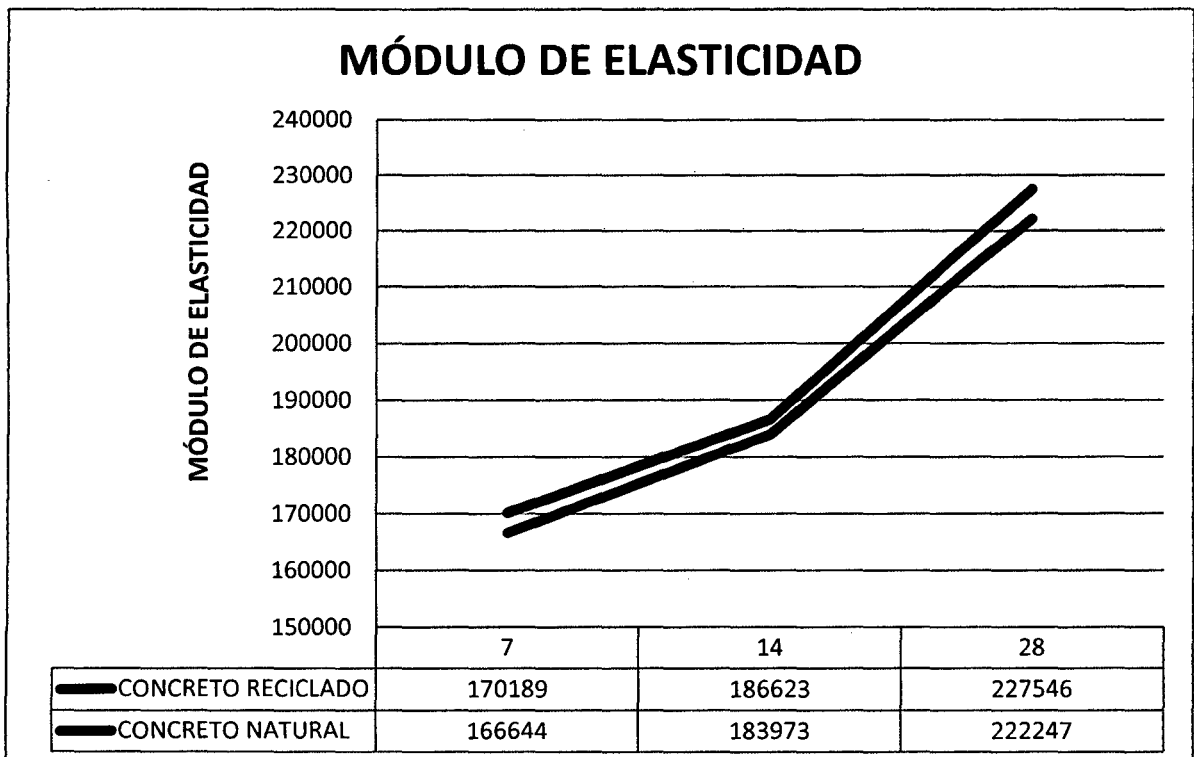
COMPARACIÓN DE RESISTENCIA EN EL TIEMPO DE AMBOS CONCRETOS

Figura 25: Resistencia en el tiempo



COMPARACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD EN EL TIEMPO DE AMBOS CONCRETOS

Figura 26: Módulo de Elasticidad en el Tiempo

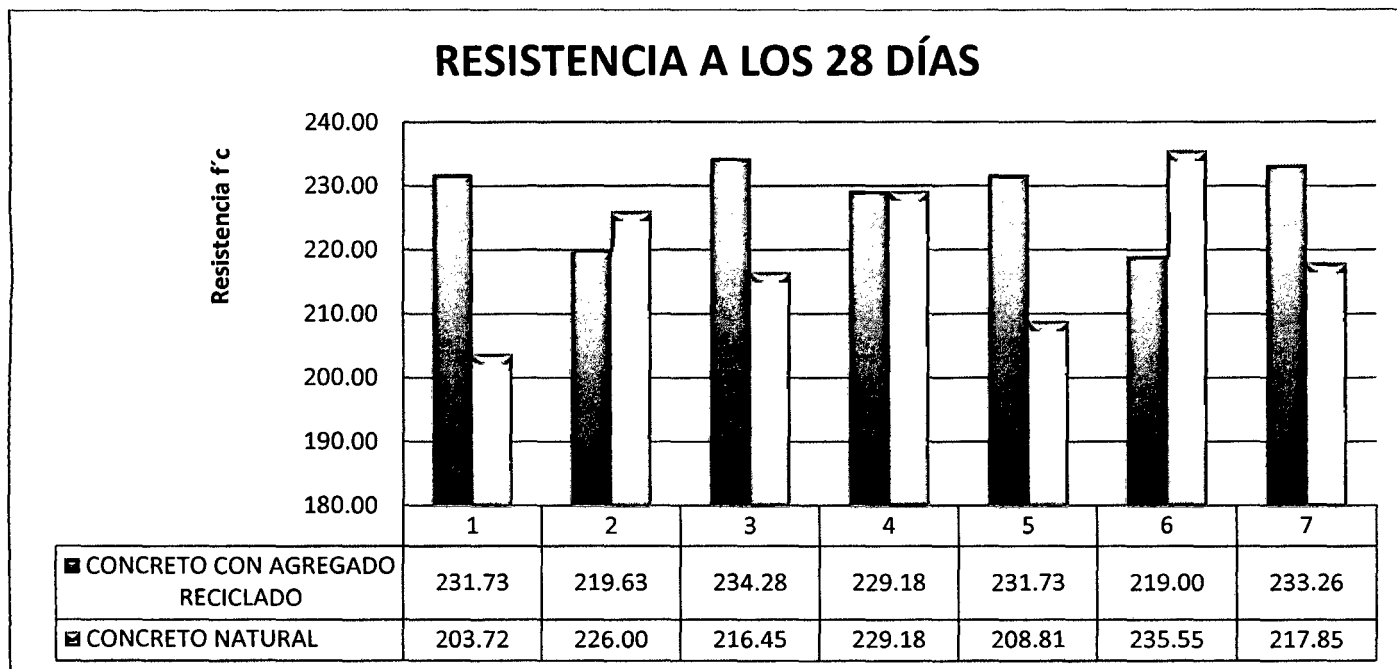






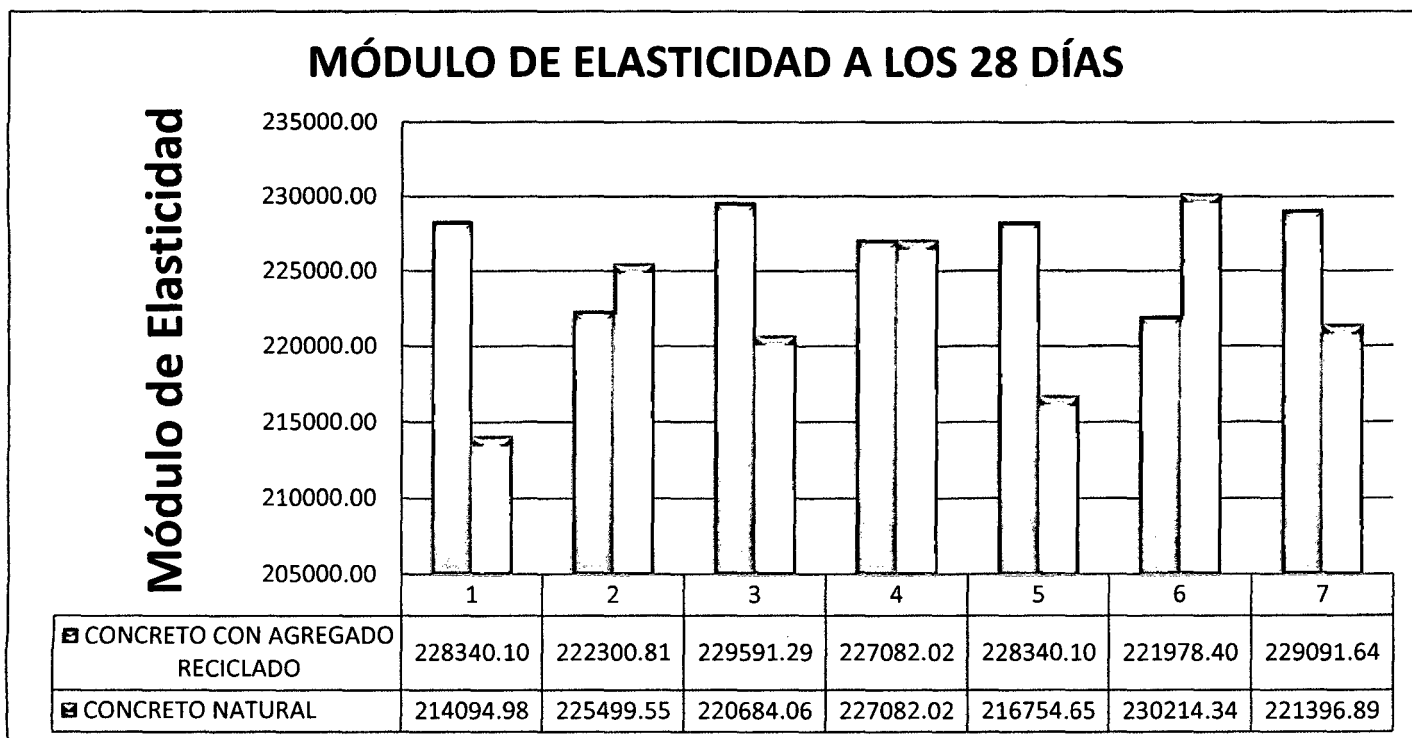
**COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS DE AMBOS TIPOS DE CONCRETOS**

*Figura 27: Comparación de Resistencia a los 28 días*



**COMPARACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD A LOS 28 DÍAS DE AMBOS TIPOS DE CONCRETOS**

*Figura 28: Comparación de Módulo de Elasticidad a los 28 días*





**ANEXO V**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**

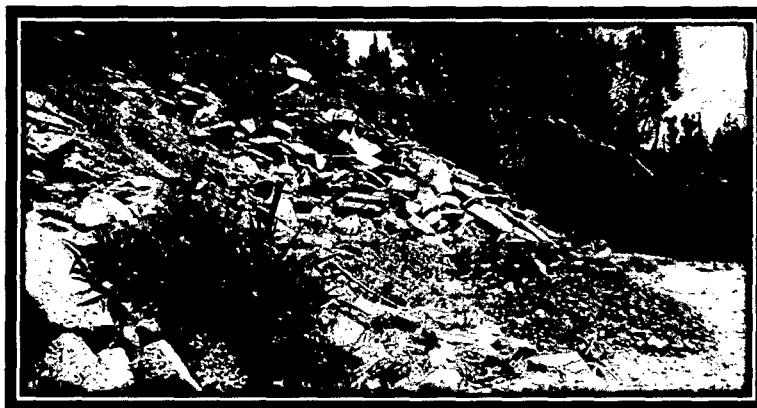


**Fotografía 1**



*Midiendo resistencia del material reciclado con esclerómetro*

**Fotografía 2**



*Lugar de acopio, ubicado en Shudall.*

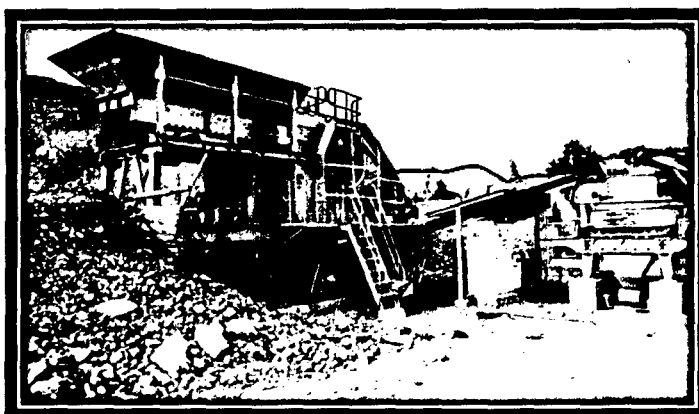
**Fotografía 3**



*Recolección de desmonte, proveniente de pavimento rígido*



**Fotografía 4**



*Máquina trituradora de material reciclado*

**Fotografía 5**



*Agregado grueso después del proceso de trituración*

**Fotografía 6**



*Obtención de material triturado*



**Fotografía 7**

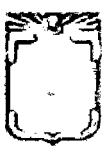


*Ensayo de peso específico de agregado fino*

**Fotografía 8**



*Ensayo Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Grueso*



**Fotografía 9**



*Material grueso natural*

**Fotografía 10**



*Material Grueso Reciclado de 1"*

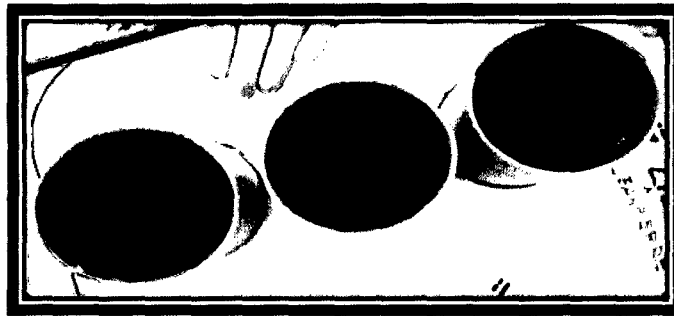
**Fotografía 11**



*Material Fino Natural*

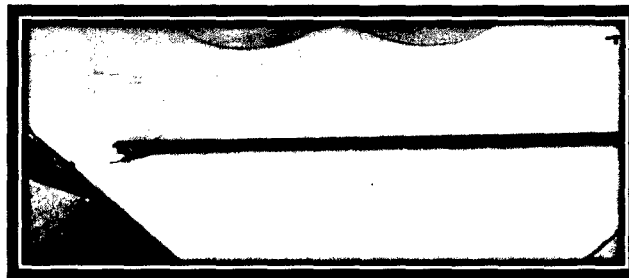


**Fotografía 12**



*Probetas de 4" x 8" para ensayos*

**Fotografía 13**



*Varilla compactadora de 3/8*

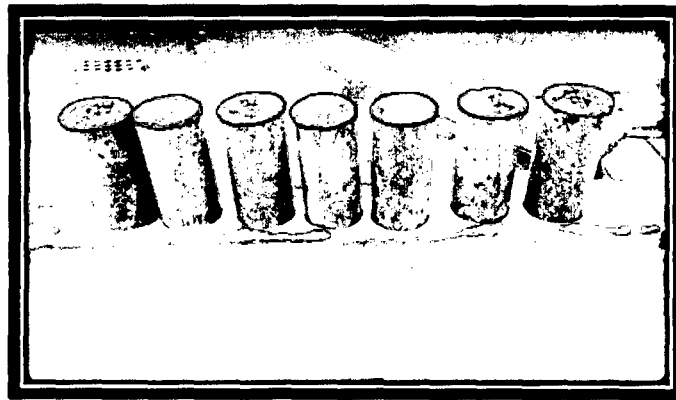
**Fotografía 14**



*Prueba de Slump - Cono de Abrams*

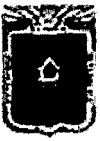


*Fotografía 15*



*Curado de las probetas*





## **ANEXO VI**

### **FALLAS DE LAS PROBETAS ENSAYADAS**



A continuación se presentan algunas muestras de los tipos de fallas que han sufrido las probetas en ambos diseños.

- **CONCRETO RECICLADO**



**CR7-2, FALLA TIPO 3 Y 5**

**Foto 1**



**CR7-3, FALLA TIPO 3 Y 5**

**Foto 2**



**Foto 3**

**CN14 -5, FALLA TIPO 3 Y 5**



**Foto 4**

**CN14 -6, FALLA TIPO 3 Y 5**



**Foto 5**

**CN14 -7, FALLA TIPO 5**



**CR28 -1, FALLA TIPO 3**

**Foto 6**



**CR28 -2, FALLA TIPO 5**

**Foto 7**



**CR28 -3, FALLA TIPO 5**

**Foto 8**



## **ANEXO VII**

### **FICHA TÉCNICA DE CEMENTO MS**



**PACASMAYO**

**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
 Calle La Olaya N° 900 Urb. El Uvero de Moson Las Barras de Surco - Lima  
 Carretera Panamericana Norte Km 868 Pacasmayo - La Libertad  
 Teléfono 511 - 8030



SGC-RZG-06-G0002  
 Versión 01

**CEMENTO ANTISALITRE NUESTRA FORMULA FORTIMAX3**

**Cemento Portland Tipo MS(MH)(R)**

Conforme a la NTP 334.002 / ASTM C1157  
 Pacasmayo, 13 de febrero 2015.

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.002 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	5	NO ESPECIFICA
Expansión en Autoclave	%	0.06	Máximo 0.60
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	4900	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	5.5	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	2.92	NO ESPECIFICA
<b>Resistencia Compresión I</b>			
Resistencia Compresión a 28 días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	33.2 (337)	Mínimo 11.0 (Mínimo 112)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	32.2 (328)	Mínimo 18.0 (Mínimo 184)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	43.2 (446)	Mínimo 28.0 (Máximo 286)
<b>Tiempo de Fragado Vicat I</b>			
Fragado Inicial	min	174	Mínimo 45
Fragado Final	min	329	Máximo 420
<b>Expansión Barra de Mortero a 14 días</b>			
Expansión por Sulfato a 6 meses	%	0.004	Máximo 0.020
Expansión por Sulfato a 6 meses	%	0.04	Máximo 0.10
Calor de Hidratación a 7 días	kcal/kg	67	Máximo 70
<b>Opción R: Baja reactividad con agregados álcáli-efícos reactivos</b>			
Expansión a 14 días	%	0.005	Máximo 0.020
Expansión a 60 días	%	0.016	Máximo 0.080

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del control de calidad durante el periodo del 01-01-2010 al 31-01-2015.  
 La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de diciembre 2014.  
 La expansión de la barra del ensayo corresponde al mes de diciembre 2014.  
 La expansión por sulfato a 6 meses corresponde al mes de julio 2014.  
 El calor de hidratación corresponde al mes de diciembre 2014.  
 Opción R corresponde al mes de noviembre 2014.  
 (\*) Requisito especial

**Ing. Ivanoff Rojas**  
 Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por: **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Este informe pertenece a la propiedad intelectual de la Universidad de Cajamarca y CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.



## **ANEXO VIII**

### **RESULTADOS DE LOS ENSAYOS QUÍMICOS DE LOS AGREGADOS**



ENSAYO QUÍMICO DEL AGREGADO RECICLADO



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.  
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.  
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.  
 PROYECTOS - ASESORÍA Y CONSULTORÍA  
 RPM: \*696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

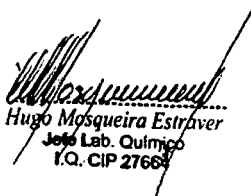
**ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE  
 AGREGADO (NTP 339.176. AASHTO T290)**

TESISTA : TAFUR PERALTA, YAMILET YAJAHIRA  
 TESIS : "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO Y MECÁNICO  
 DEL CONCRETO DISEÑADO Y ELABORADO CON AGREGADO  
 GRUESO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"  
 ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL  
 MUESTRA : M-1  
 FECHA : 14/10/2014

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

MUESTRA	pH	SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> ppm	CLORUROS Cl <sup>-1</sup> ppm	TEMPERATURA °C
AGREGADO	9.54	78.30	64.40	20.1

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo.

  
 Hugo Mosqueira Estrayer  
 Jefe Lab. Químico  
 I.Q. CIP 2766





Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.  
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.  
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.  
PROYECTOS - ASESORIA Y CONSULTORIA  
RPM: \*696826 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793

**ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA DE  
AGREGADO GRUESO**

**NORMA MTC E 213**

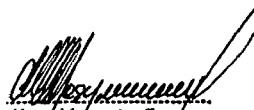
**TESISTA** : TAFUR PERALTA, YAMILET YAJAHIRA  
**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO  
DEL CONCRETO DISEÑADO Y ELABORADO CON AGREGADO  
GRUESO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"  
**ESCUELA** : INGENIERÍA CIVIL  
**MUESTRA** : M-1  
**FECHA** : 14/10/2014

**MÉTODO COLORIMÉTRICO ( $K_2Cr_2O_7$ )**

- 1. Muestra de Ensayo** : 100 gr. De muestra
- 2. Color estándar de referencia** : Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) en presencia de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ )
- 3. Resultado** : El color del líquido de la muestra del ensayo es menos oscuro que el color estándar de referencia; por lo tanto no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.

**NOTA:** La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo

**CONCLUSIÓN:** De acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra de ensayo no supera el color estándar de referencia, por lo tanto, no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.

  
Hugo Mosqueira Estrader  
Jefe Lab. Químico  
I.Q. CIP 27664



ENSAYO QUÍMICO DEL AGREGADO NATURAL



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.  
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.  
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.  
 PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA  
 RPM: \*696826 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793


**ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE  
 AGREGADO (NTP 339.176, AASHTO T290)**

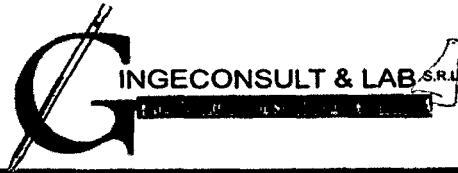
TESISTA : TAFUR PERALTA, YAMILET YAJAHIRA  
 TESIS : "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO  
 DEL CONCRETO DISEÑADO Y ELABORADO CON AGREGADO  
 GRUESO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"  
 ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL  
 MUESTRA : M-2  
 FECHA : 14/10/2014

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

MUESTRA	pH	SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> ppm	CLORUROS Cl <sup>-1</sup> ppm	TEMPERATURA °C
AGREGADO	9.57	72.56	62.51	19.8

**NOTA:** La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo.

  
 Hugo Mosqueira Estívar  
 Jefe Lab. Químico  
 I.Q. CIP 27664



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.  
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.  
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.  
PROYECTOS - ASESORIA Y CONSULTORIA  
RPM: \*696826 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793

**ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA DE  
AGREGADO FINO**

**NORMA MTC E 213**

**TESISTA** : TAFUR PERALTA, YAMILET YAJAHIRA  
**TESIS** : "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO  
DEL CONCRETO DISEÑADO Y ELABORADO CON AGREGADO  
GRUESO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"  
**ESCUELA** : INGENIERÍA CIVIL  
**MUESTRA** : M-2  
**FECHA** : 14/10/2014

**MÉTODO COLORIMÉTRICO ( $K_2Cr_2O_7$ )**

- 1. Muestra de Ensayo** : 100 gr. De muestra
- 2. Color estándar de referencia** : Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) en presencia de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ )
- 3. Resultado** : El color del líquido de la muestra del ensayo es menos oscuro que el color estándar de referencia; por lo tanto no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.

**NOTA:** La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo

**CONCLUSIÓN:** De acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra de ensayo no supera el color estándar de referencia, por lo tanto, no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.

  
Hugo Mosquera Estrayer  
Jefe Lab. Químico  
I.Q. CIP 27664