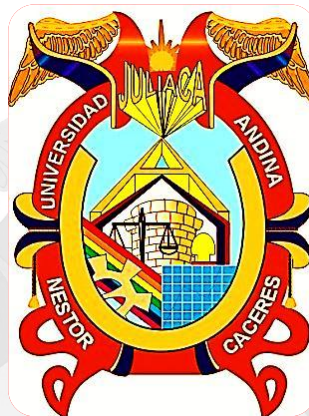




**UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**



**“PRODUCCIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS DE LOS  
RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA  
LA PRODUCCIÓN DE CONCRETOS HIDRÁULICOS  
EN LA CIUDAD DE JULIACA”**

**TESIS**

Presentada por:

**FRITZ WILLY MAMANI APAZA**

Para optar el grado académico de:

**MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL**  
**MENCIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIONES**

JULIACA – PERU

2015



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
ESCUELA DE POSTGRADO  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

"PRODUCCIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS DE LOS  
RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA  
PRODUCCIÓN DE CONCRETOS HIDRÁULICOS  
EN LA CIUDAD DE JULIACA"

**TESIS**

Presentada por Fritz Willy Mamani Apaza, para optar el grado de

**MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL**

Mención: Diseño y Construcciones

**APROBADO POR:**

PRESIDENTE DEL JURADO : .....

Dr. Ronald Madera Terán

PRIMER MIEMBRO DEL JURADO : .....

Mgtr. Orlando Edilberto La Torre Barra

SEGUNDO MIEMBRO DEL JURADO : .....

Dr. Leonel Suasaca Pelinco

ASESOR DE TESIS : .....

Mgtr. Ramiro Amílcar Bolaños Calderón



## DEDICATORIA

Dedicar la presente tesis a las tres mujeres que viven conmigo, ellas son una bendición de lo alto que llegaron a mi vida y me dieron el ánimo así como la razón de hacer este trabajo, mi esposa que siempre está conmigo con su comprensión y apoyo, mis dos hijas que me enseñan ternura y amor.

Fritz





## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a todos aquellos que de una u otra forma fueron importantes para llegar a instancias finales de mi tesis.

A mi madre, por los grandes consejos, principios de vida y valores los cuales me ayudaron a transitar con confianza, libertad y esperanza.

A mis colegas y mis amigos, de la Carrera Académica Profesional de Ingeniería Civil por sus aportes y datos para la elaboración de la presente investigación

A los alumnos, egresados y técnicos del laboratorio de Mecánica de Suelos concreto y asfalto de la facultad de Ingenierías y ciencias puras, por la colaboración que recibí en el proceso de experimentación.

Fritz



## ÍNDICE

	Página
<b>ÍNDICE</b>	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	<b>VIII</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XI</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XII</b>
<b>CAPITULO 1: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>1</b>
1.1.- Exposición de la situación problemática.	1
1.2.- Formulación del planteamiento del problema.	3
1.2.1.- Interrogante General.	3
1.2.2.- Interrogantes específicos.	3
1.3.- Justificación de la Investigación.	3
1.3.1.- Justificación Técnica.	3
1.3.2.- Justificación Ambiental.	4
1.3.3.- Justificación Económica.	4
1.4.- Objetivos.	4
1.4.1.- Objetivo General.	4
1.4.2.- Objetivos Específicos.	4
1.5.- Plan de Trabajo.	5



1.5.1.- Recopilación de información.	5
1.5.2.- Revisión de la norma.	5
1.5.3.- Selección y Tratamiento de la muestra.	5
1.5.4.- Ensayos y experimentación.	6
1.5.5.- Análisis de Resultados.	6
1.6.- Hipótesis.	6
1.6.1.- Hipótesis General.	6
1.6.2.- Hipótesis Específicas.	6
1.7.- Variables e Indicadores.	7
1.7.1.- Variable Independiente.	7
1.7.2.- Variable Dependiente.	7
<b>CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO</b>	<b>8</b>
2.1.- Antecedentes de la investigación.	8
2.1.1.- Investigación de la UTN – Argentina.	8
2.1.2.- Proyecto GEAR.	9
2.2.- Bases Teóricas.	11
2.2.1.- Residuos de la Construcción y Demolición (RCD).	11
2.2.1.1.- Clasificación de los residuos.	11
2.2.1.2.- Componentes del manejo de residuos.	12
2.2.2.- Cementos Portland.	14
2.2.2.1.- Componentes físicos de los cementos.	14
2.2.2.2.- Componentes químicos de los cementos.	16



2.2.3.- Agregados.	17
2.2.3.1.- Clasificación de los agregados.	18
2.2.3.2.- Características físicas de los agregados.	20
2.2.3.3.- Características resistentes de los agregados.	24
2.2.3.4.- Propiedades térmicas de los agregados.	26
2.2.3.5.- Características geométricas y morfológicas.	28
2.2.4.- Agua.	29
2.2.4.1.- El agua para la mezcla.	29
2.2.4.2.- El agua para el curado.	32
2.2.5.- El concreto.	33
2.2.5.1.- Propiedades del concreto fresco.	34
2.2.5.2.- Propiedades del concreto endurecido.	37
2.2.5.3.- Durabilidad del concreto.	38
2.2.5.4.- Aditivos en el concreto.	39
2.2.6.- Diseño de mezclas.	40
2.2.6.1.- Alcances para el diseño de mezclas.	42
2.2.6.2.- Criterios básicos en el diseño.	43
2.3.- Marco Legal.	46
2.3.1.- Ley N° 27314.	46
2.3.2.- Decreto supremo N° 003-2013-Vivienda.	47
2.3.3.- NTP 400.050.	49



<b>CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO.</b>	<b>51</b>
3.1.- Diseño de la Investigación.	51
3.2.- Metodología de la Investigación	52
3.3.- Procedimiento metodológico.	52
3.3.1.- Selección de la muestra.	52
3.3.2.- Trituración manual.	53
3.3.3.- Limpieza de la muestra.	54
3.3.4.- Trituración Mecánica.	54
3.3.5.- Clasificar la muestra.	56
3.3.6.- Saturación de la muestra.	57
3.4.- Pruebas y Ensayos.	57
3.4.1.- Análisis Granulométrico.	57
3.4.2.- Peso Específico.	60
3.4.3.- Absorción de los agregados.	61
3.4.4.- Contenido de Humedad.	63
3.4.5.- Modulo de Fineza.	65
3.4.6.- Peso Unitario.	66
3.4.7.- Resistencia a la compresión diamantina.	67
3.4.8.- Diseño de Mezclas.	69
3.5.- Producción de Concreto Hidráulico.	73
3.5.1.- Vaciado y Moldeo del concreto.	73
3.5.2.- Curado del concreto.	75
3.5.3.- Resistencia a la compresión.	76





<b>CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>78</b>
4.1.- Resultados Obtenidos.	78
4.1.1.- Granulometría.	78
4.1.2.- Propiedades físicas de los agregados.	80
4.1.3.- Resistencia a la compresión diamantina.	81
4.1.4.- Dosificación en el diseño de mezclas.	82
4.1.5.- Resistencia a la compresión.	82
4.2.- Discusión de Resultados	86
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>88</b>
<b>SUGERENCIAS</b>	<b>89</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>94</b>



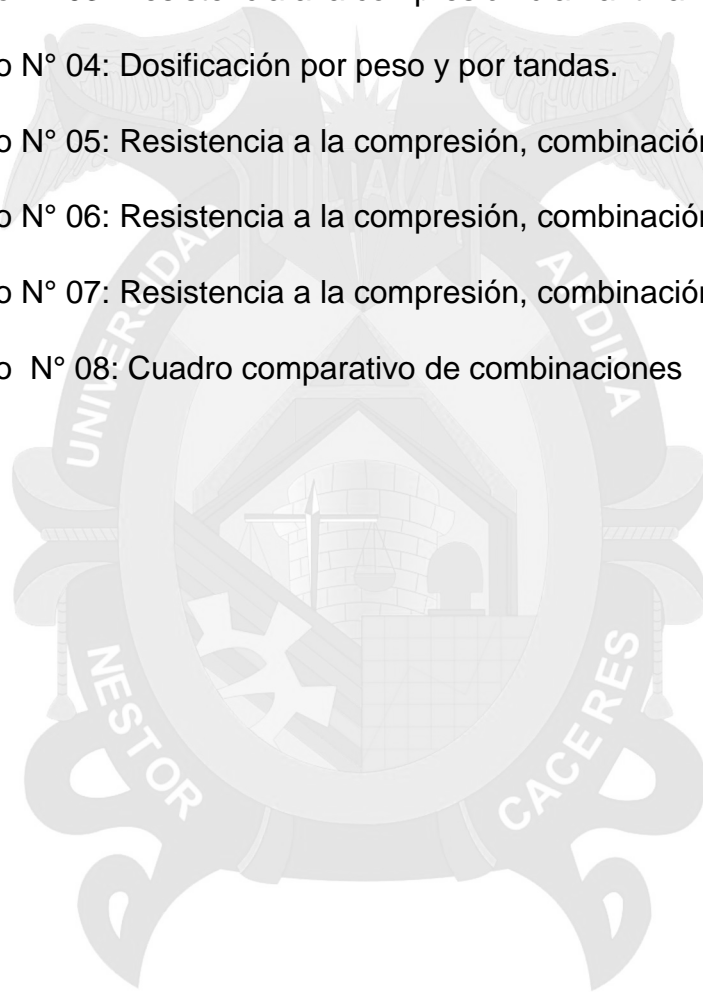
## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Página
• Fotografía N° 01: Selección de la muestra.	53
• Fotografía N° 02: Trituración manual de la muestra.	53
• Fotografía N° 03: Lavado de la muestra.	54
• Fotografía N° 04: Trituración mecánica de la muestra.	55
• Fotografía N° 05: Clasificación de la muestra.	56
• Fotografía N° 06: Ensayo de granulometría.	59
• Fotografía N° 07: Ensayo Peso Específico.	61
• Fotografía N° 08: Ensayo de Peso Unitario.	66
• Fotografía N° 09: Ensayo de diamantina.	68
• Fotografía N° 10: Obtención del testigo.	69
• Fotografía N° 11: Elaboración del concreto.	74
• Fotografía N° 12: Curado del concreto.	75
• Fotografía N° 13: Resistencia a la compresión.	77



## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
• Cuadro N° 01: Combinación y Dosificación por peso.	73
• Cuadro N° 02: Propiedades físicas y resistentes de agregados.	80
• Cuadro N° 03: Resistencia a la compresión diamantina.	81
• Cuadro N° 04: Dosificación por peso y por tandas.	82
• Cuadro N° 05: Resistencia a la compresión, combinación 1.	83
• Cuadro N° 06: Resistencia a la compresión, combinación 2.	84
• Cuadro N° 07: Resistencia a la compresión, combinación 3.	85
• Cuadro N° 08: Cuadro comparativo de combinaciones	87





## ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Grafico N° 01: Análisis granulométrico agregado grueso (reciclado). 79
- Grafico N° 02: Análisis granulométrico agregado fino (natural). 79
- Grafico N° 03: Progreso resistencia a la compresión, combinación 1. 83
- Grafico N° 04: Progreso resistencia a la compresión, combinación 2. 84
- Grafico N° 05: Progreso resistencia a la compresión, combinación 3. 85





## ANEXOS

- Anexo N° 01: Prueba de Resistencia a la Compresión Diamantina.
- Anexo N° 02: Análisis mecánico y propiedades físicas de los agregados.
- Anexo N° 03: Análisis Granulométrico por Tamizado del agregado fino.
- Anexo N° 04: Análisis Granulométrico por tamizado del agregado grueso
- Anexo N° 05: Contenido de Humedad y Pesos Unitarios.
- Anexo N° 06: Diseño de Mezclas.
- Anexo N° 07: Prueba de Resistencia a la Compresión a los 6 días.
- Anexo N° 08: Prueba de Resistencia a la Compresión a los 7 días.
- Anexo N° 09: Prueba de Resistencia a la Compresión a los 14 días.
- Anexo N° 10: Prueba de Resistencia a la Compresión a los 21 días.
- Anexo N° 11: Prueba de Resistencia a la Compresión a los 28 días.



## RESUMEN

En el mundo de la construcción la producción de concreto es fundamental, para su elaboración se necesita la mezcla de agregados agua y cemento, el agregado es un elemento que es extraída de canteras naturales.

La construcción si bien es cierto es una manera de desarrollo, también trae consigo problemas ambientales como es la depredación de canteras naturales que modifican el medio, y por otro lado los desperdicios acumulados por demolición que acarrearán desmontes.

El presente trabajo pretende demostrar que se puede reemplazar los agregados naturales con agregados reciclados producto de los residuos de la construcción y demolición para producir concretos hidráulicos nuevos, para tal fin dichos agregados deben tener un proceso de selección y mecanismo de tratamiento con la finalidad de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.

Para esta investigación los agregados reciclados se obtuvieron de la demolición de una plataforma ubicada en la facultad de Ingenierías y Ciencias Puras de la UANCV con la finalidad de construir una vía nueva, estos desechos tuvieron un proceso de selección y un mecanismo de tratamiento que incluye una limpieza adecuada, trituración, clasificación manual mediante la malla N° 4 para separar el agregado grueso del fino con el objeto de usar solo el agregado grueso reciclado; el agregado fino utilizado es de una cantera natural.

El agregado grueso reciclado tratado fue sometido a diferentes ensayos en laboratorio para obtener sus propiedades físicas y mecánicas y efectuar un diseño de mezcla para una resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , se ha elegido esta resistencia porque la plataforma demolida tuvo este diseño según el expediente técnico y el ensayo de prueba de resistencia a la compresión diamantina que se realizó in situ.

Se produjo concretos nuevos con la ayuda de una Mezcladora Tipo Trompo 9 P3 con motor gasolinera de 9 Hp a 3600 RPM y se propuso 3 combinaciones en los agregados gruesos: 100% agregado grueso reciclado, 80% agregado grueso reciclado y 20% agregado grueso natural, 50% agregado grueso reciclado y 50% agregado grueso natural, estos agregados mezclados con cemento, agua y agregado fino natural según dosificación del diseño de mezclas.

El concreto se moldeó en briquetas y se realizó el curado respectivo para prevenir la pérdida de humedad mientras se mantiene un régimen satisfactorio de temperatura, luego se encontró su resistencia a la compresión con la prensa hidráulica a los 6, 7, 14, 21 y 28 días, los resultados demostraron que con la primera combinación alcanzó a los 28 días 81.73%, con la segunda combinación alcanzó a 84.51% y con la tercera combinación a 107.22%. Quiere decir que un concreto con agregado reciclado puede ser usado en elementos estructurales.

**Palabras Claves:** Agregado Reciclado, Residuos de la Construcción, concreto, Diseño de Mezclas.



## ABSTRACT

In the world of construction concrete production is vital, for processing the mixture of added water and cement is needed, the aggregate is an element which is extracted from natural quarries.

Construction albeit is a way of development, also brings environmental problems such as the depletion of natural quarries that modify the environment, and secondly demolition waste accumulated by trucking clearing.

This paper aims to show that you can replace natural aggregates with recycled aggregate proceeds of construction waste and demolition for new hydraulic concrete result, these aggregates for this purpose must have a process of selection and processing mechanism in order to improve their physical and mechanical properties.

For this research the recycled aggregates were obtained from the demolition of a platform in the Engineering and Pure Sciences Faculty of UANCV in order to build a new road, these wastes had a selection process and a mechanism for proper treatment including cleaning, crushing, manual sorting by No. 4 mesh to separate the fine coarse aggregate in order to use only recycled coarse aggregate; fine aggregate used is of a natural quarry.

The treated recycled coarse aggregate was subjected to various laboratory tests for physical and mechanical properties and make a mix design for a compression resistance of  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ , this resistance was chosen because the platform was demolished this design as the technical file and proof testing resistance compression diamond that in the same place.

New concrete produced with the aid of a style concrete mixer 9 P3 with petrol engine 9 Hp to 3600 RPM and 3 combinations proposed in the coarse aggregate: 100% recycled coarse aggregate, 80% recycled coarse aggregate and 20% coarse natural aggregate, 50% recycled coarse aggregate and 50% coarse aggregate nature, these mixed with cement, water and fine natural aggregate according dosage aggregate mix design.

The concrete was cast into briquettes and the respective curing was performed to prevent moisture loss while satisfactory temperature regime is maintained, then it was found the compressive strength with the hydraulic press at 6, 7, 14, 21 and 28 days, the results demonstrated that the first combination at 28 days reached 81.73%, with the second combination to reach 84.51% and in the third combination to 107.22%. It means a recycled aggregate concrete can be used in structural elements.

Keywords: Aggregate Recycled, Construction Waste, concrete, mixtures design.



## INTRODUCCIÓN

La mayoría de los problemas ambientales que padecemos son debidos a la generación de residuos sólidos no tratados que contaminan el aire, suelo y agua, los sistemas técnicos tradicionales, basados principalmente en la gestión de residuos precisan retomar estos residuos al medio en la forma adecuada para asegurar el mantenimiento de su capacidad productiva.

En el mundo de la construcción caso la ciudad de Juliaca también se generan residuos producto de los desperdicios de materiales de construcción y de la demolición, estos residuos a pesar de la normatividad que se tiene, en la práctica no se hace efectiva, mas por el contrario estos restos son acumulados dando origen a los desmontes que son transportados y depositados en las afueras de la ciudad provocando cambio al medio ambiente.

También es necesario indicar que para elaborar el concreto y ser usado en las construcciones, la materia prima importante son los agregados gruesos y finos, estos son extraídos de las canteras naturales que están ubicadas a las orillas de los ríos así como de canteras específicas (caso Isla) que, a la sobre explotación de estas modifican el medio y generan impacto.

Es por esta razón que se tiene la inquietud de tratar de solucionar este problema ambiental al efectuar la presente investigación, la alternativa es reemplazar el uso de estos agregados naturales por agregados reciclados producto de los residuos de la construcción y demolición.

La reutilización y reciclaje de los residuos de la construcción no es nueva, es una de las estrategias fundamentales para alcanzar sostenibilidad en este sector, su





uso es común en otros países como es el caso de España que, como consecuencia de este proceso publicó la "Guía española de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD)".

Dicha guía es un manual de ayuda para el manejo y tratamiento de todos los residuos de la construcción para su reciclaje, es decir restos de albañilería, vidrios, madera, concretos, piedra etc, en nuestro caso solo se ha considerado el reciclado de residuos demolidos de concreto.

En nuestro país los principios para la gestión de residuos sólidos de la construcción y demolición se encuentran establecidos en la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente y la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Por otro lado el ministerio de vivienda y construcción aprueba el "reglamento para la gestión de residuos sólidos de la construcción y demolición", También se tiene la Norma Técnica Peruana NTP 400.050 manejo de residuos de la actividad de la construcción.

Tomando en cuenta las consideraciones de la norma, en el presente trabajo de investigación el material a reciclar fue obtenido de la demolición de una plataforma antigua ubicada en la facultad de Ingenierías y Ciencias Puras de la UANCV para dar lugar a la construcción de una vía vehicular nueva con pavimento rígido, los residuos de esta demolición fue transportado y ubicado en diferentes lugares de la ciudad universitaria, estos residuos fueron seleccionados y tratados para la elaboración de la presente tesis.



Los residuos de la construcción y demolición (RCD) involucran diferentes materiales, la selección se hizo de tal manera que se tomó en cuenta los restos de concreto antiguo y someterlo a un proceso de tratamiento.

Estos restos de concreto que denominaremos agregados reciclados tuvo el siguiente proceso de tratamiento:

- Se empezó con la trituración manual para tener tamaños regulares de aproximadamente 4" a 5" de diámetro.
- Estos agregados por ser residuos demolidos están contaminados, por lo que se procedió de una limpieza mediante un lavado.
- Luego fue triturado a tamaños más reducidos con la ayuda de una trituradora de mandíbula, esto con el fin de tener una buena granulometría.
- Estos agregados fueron separados mediante un tamiz N° 4 para tener agregados gruesos y finos, este agregado fino fue desechado y se reemplazó con agregado fino natural.
- El agregado grueso reciclado fue saturado por cinco días por recomendación de la norma.
- Estos agregados fueron sometidos a varios ensayos en el laboratorio de Mecánica de Suelos para obtener sus propiedades físicas y mecánicas.
- Con esta información de efectúa el diseño de mezcla para una resistencia a la compresión de  $f'c$  210kg/cm<sup>2</sup>. Se eligió esta resistencia ya que la plataforma demolida construida con antigüedad tiene esta resistencia según el expediente técnico y el ensayo de diamantina que se realizó insito.



- Obtenido el diseño de mezcla se plantea tres combinaciones: 100% agregado grueso reciclado, 80% agregado grueso reciclado y 20% agregado grueso natural, 50% agregado grueso reciclado y 50% agregado grueso natural.
- Se hizo la preparación de concreto de las combinaciones con la ayuda de una mezcladora tipo trompo de 9 p3 y motor de 9HP, moldearlos en briquetas para el respectivo curados y sometidos al ensayo de resistencia a la compresión a los 3, 7, 14, 21 y 28 días respectivamente.

Los resultados demostraron que si es posible usar agregados reciclados en la producción de concretos hidráulicos, para diferentes dosificaciones se tuvo diferentes resultados, pero todos llegaron a resultado aceptables.

El presente trabajo de investigación consta de cuatro capítulos: el primer Capítulo: El Problema de Investigación, está incluido el planteamiento del problema, justificación y objetivos. El segundo capítulo, Marco Teórico, incluye los conceptos elementales, antecedentes, hipótesis y la normatividad. El tercer capítulo: Marco metodológico, presenta el nivel y tipo de investigación, procedimiento, técnicas e instrumentos de investigación para finalmente el cuarto capítulo: Análisis de Resultado, muestra los resultados de la investigación.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. EXPOSICIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

El continuo aumento de la población a lo largo de la historia de la humanidad ha sido sostenido por el desarrollo de actividades productivas cuya realidad siempre se tradujo en la explotación de los recursos naturales. A causa de ello las últimas décadas han encontrado al mundo en situación de preservar y proteger el medio ambiente de un inminente desequilibrio ecológico.

En todo el mundo así como en la ciudad de Juliaca, la industria de la construcción es una de los mayores consumidores de recursos naturales como son los agregados gruesos y finos, utilizados en la producción de concreto, estos recursos son extraídos de canteras seleccionadas a las afueras de la ciudad donde la extracción es indiscriminada, altera el medio ambiente y en algún momento estos recursos se agotaran.

Paralelamente, se generan grandes cantidades de desechos, tanto en los procesos constructivos como a partir de obras de demolición y restauración de estructuras y edificios. De esta situación se deriva, el alto consumo de



materias primas, los intereses económicos, y las problemáticas resultantes de los severos impactos generados por la acumulación de esos desechos, que obligan a la búsqueda de usos alternativos en este campo.

Una de las principales características que presentan estos materiales de **Residuos de la Construcción y Demolición (RCD)** es la variedad y proporción de sus componentes tales como: suelos, rocas, escombros de concreto y albañilerías, las cerámicas, los asfaltos y otros como maderas, metales, plásticos etc.

Entre los materiales que componen los RCD se destacan por su cantidad y variedad los escombros de concreto como son; restos de columnas, vigas, losas aligeradas y pavimentos rígidos; estos escombros por su volumen y peso son considerados como difíciles de manipular y relativamente costosos de transportar, pero la propiedad de inertes, el equipamiento disponible, así como su valor comercial, los caracterizan como potencialmente recuperables.

Para deshacerse de estos desechos se ha utilizado distintos métodos, la práctica más habitual ha sido la descarga en lugares alejados de la ciudad, incineración de materiales y la utilización de estos residuos como rellenos, pero de todos ellos el reciclaje es la única técnica capaz de minimizar las afectaciones medioambientales provocadas por sus componentes pétreos.



## 1.2. FORMULACIÓN DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.2.1.- Interrogante General:

¿Qué características se debe considerar en el procedimiento de selección y mecanismo de tratamiento de los agregados reciclados de los Residuos de la Construcción y Demolición para producir concretos hidráulicos en la ciudad de Juliaca?

### 1.2.2.- Interrogantes Específicos:

a.- ¿Qué características específicas se deben considerar en el procedimiento de selección de agregados reciclados para producir concretos hidráulicos en la ciudad de Juliaca?

b.- ¿Cómo debe ser el mecanismo de tratamiento de agregados reciclados para producir concretos hidráulicos en la ciudad de Juliaca?

c.- ¿Qué valores se obtendrán de las propiedades físicas y mecánicas en los agregados reciclados para ser considerados en el diseño de mezclas de un concreto y ser empleados en construcciones normales?

## 1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.3.1.- Justificación Técnica.

En el presente trabajo de investigación consta de un proceso de selección y mecanismos de tratamiento de estos escombros de concreto, esto involucra una serie de técnicas ingenieriles apoyadas con el laboratorio de suelos de la facultad de Ingenierías y ciencias puras de la UANCV, en tal sentido la justificación técnica estará sustentada.



### **1.3.2.- Justificación Ambiental.**

En el proceso de la investigación involucra el reciclaje de materiales que generalmente se desecha, estos desechos afectan el ambiente, por otro lado la devastación de los agregados naturales (agregados gruesos y finos) procedentes de canteras naturales para elaborar concretos, hace que esta extracción cambie el ambiente y en algún momento estos agregados naturales se acabaran, esta investigación plantea el reciclado de agregados artificiales provenientes de los RCD como una alternativa de solución a esta problemática, por lo tanto se justifica ambientalmente.

### **1.3.3.- Justificación Económica.**

Por otro lado existe lugares donde es difícil y costoso obtener agregados naturales, caso de la selva y lugares muy alejados de canteras naturales, en esta situación reciclar agregados artificiales provenientes de lo RCD es una alternativa que puede resultar económico, por lo que se justificaría económicamente.

## **1.4.- OBJETIVOS**

### **1.4.1.- Objetivo General**

Establecer procedimiento de selección y mecanismo de tratamiento de los agregados reciclados de los Residuos de la Construcción y Demolición para producir concretos hidráulicos en la ciudad de Juliaca.

### **1.4.2.- Objetivos Específicos.**

a.- Establecer el procedimiento de selección de agregados reciclados para producir concretos hidráulicos en la ciudad de Juliaca.



b.- Establecer el mecanismo de tratamiento de agregados reciclados para producir concretos hidráulicos en la ciudad de Juliaca.

c.- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados reciclados para ser considerados en el diseño de mezclas de un concreto para ser empleados en construcciones normales.

## **1.5.- PLAN DE TRABAJO**

### **1.5.1.- Recopilación de Información.**

En esta etapa se obtendrá la información referida a Residuos de la Construcción y Demolición (RCD), información del marco teórico sobre el tema y los antecedentes de investigaciones nacionales e internacionales sobre el reciclado de agregados.

### **1.5.2.- Revisión de la Norma.**

Esta etapa está referida a revisar la ley General de Residuos Sólidos, Ley General del Ambiente, Gestión Ambiental y la norma técnica peruana referida al manejo de residuos de la actividad de la construcción. También complementar con normas extranjeras sobre el tema.

### **1.5.3.- Selección y tratamiento de la muestra**

Esta etapa es netamente experimental, referida a plantear mecanismo de selección de la muestra, es decir de los agregados reciclados y someterlos a un tratamiento adecuado que haga que estos agregados mejoren sus características físicas y resistentes.





#### **1.5.4.- Ensayos y experimentación.**

Una vez tratado la muestra, esta etapa de desarrolla en el laboratorio de mecánica de suelos para realizar diferentes ensayos a los agregados reciclados como a los agregados naturales, esto con la finalidad de hacer un diseño de mezcla, luego efectuar la producción de concreto y las respectivas pruebas de resistencia a la compresión.

#### **1.5.5.- Análisis de resultados.**

En esta última etapa se hará la prueba de las hipótesis, analizando los resultados que se obtuvieron comparando con resultados tradicionales y preparar las conclusiones así como las recomendaciones.

### **1.6.- HIPÓTESIS**

#### **1.6.1.- Hipótesis General**

El procedimiento de selección y mecanismo de tratamiento de agregados reciclados de los Residuos de la Construcción y Demolición, determinarán las propiedades físicas y mecánicas adecuadas para producir concretos hidráulicos.

#### **1.6.2.- Hipótesis Específicas**

- a.- El procedimiento de selección de agregados reciclados logrará obtener materiales adecuados para el tratamiento.
- b.- El mecanismo de tratamiento de estos agregados reciclados, sirve para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los mismos.



c.- Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados reciclados, tienen las condiciones necesarias para el diseño de mezclas de un concreto y ser empleadas en construcciones normales.

## 1.7.- VARIABLES E INDICADORES

### 1.7.1.- Variable independiente.

Agregado reciclado

#### 1.7.1.2.- Indicadores

Granulometría

Contenido de humedad

Porcentaje de Porosidad

Porcentaje de Absorción

Peso específico

Peso Unitario

Módulo de Finesa

### 1.7.2.- Variable dependiente

Concretos Hidráulicos

#### 1.7.2.2.- Indicadores

Diseño de mezcla

Dosificaciones

Resistencia a la Compresión



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1.- ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

De la revisión efectuada sobre trabajos relacionados a esta investigación se tiene lo siguiente:

##### 2.1.1.- Investigación de la Universidad Tecnológica Nacional-Argentina

En el año 2006, el centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI) de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe de Argentina, realizó un estudio en la ciudad de Santa Fe sobre los residuos de la construcción específicamente de materiales como residuos de ladrillo y concreto.

En este trabajo se caracterizaron ambos materiales en base a análisis granulométricos y determinaciones de densidad a granel, absorción de agua y densidad relativa. Con ellos luego se elaboraron concretos con contenidos variables de cemento y proporciones ajustadas de tal manera de obtener un asentamiento de  $8 \pm 2$  cm.



Sobre los concretos elaborados se efectuaron determinaciones de densidad, resistencia a compresión, módulo de elasticidad, tracción por compresión diametral, contracción por secado, absorción de agua, profundidad de penetración de carbonatación, y capacidad y velocidad de succión capilar, a fin de evaluar sus prestaciones resistentes y durables.

Los resultados indican que, si bien no es posible obtener con estos residuos concretos para uso estructural, existen oportunidades para su aprovechamiento, además de las aplicaciones tradicionales, en la fabricación de elementos constructivos tales como bloques de concreto para mampostería y bloques para forjados.

Finalmente, estas alternativas de aplicación se comparan, de acuerdo a criterios técnicos y económicos, con elementos similares disponibles actualmente en el mercado local.

El desarrollo de este trabajo viene a ser las primeras propuestas de reciclaje en los residuos de concreto, los que con un procedimiento adecuado se puede lograr su reciclaje para la elaboración sobre todo de concretos no estructurales y concretos ligeros. Sin embargo este estudio no propone un mecanismo de tratamiento de estos residuos para la mejora.

(Universidad Tecnológica Nacional -Argentina, 2006).

### **2.1.2.- Proyecto GEAR**

El proyecto GAER es una guía española de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD), es una investigación realizada por las siguientes entidades: GARD, AIDICO, AITEMIN,



INTROMAC, Universidad de A Coruña, Universidad de Oviedo, Universidad Politécnica de Catalunya y Universidad Politécnica de Valencia.

El objetivo prioritario del "Proyecto GEAR" ha sido investigar y experimentar sistemáticamente con los áridos reciclados procedentes de materiales inorgánicos previamente utilizados en la construcción, actualmente fabricados en el país de España en una amplia muestra de instalaciones de reciclaje. La mayoría de investigaciones, ensayos y aplicaciones se han centrado en los áridos reciclados mixtos, con un porcentaje de fracción cerámica entre el 10% y el 70% en peso y de asfalto hasta el 5% (y en algún caso, hasta el 30% como máximo).

A pesar de que se están llevando a cabo diversas acciones en el ámbito tanto de la investigación como de la experimentación de los usos de áridos reciclados en obra civil y en usos de carácter privado, este proyecto ha realizado un intenso esfuerzo de coordinación y recopilación de experiencias e investigaciones, y de experimentación directa, orientada a proponer recomendaciones técnicas y directrices de uso y aplicación específicamente elaboradas para los áridos reciclados procedentes de RCD.

La función de las recomendaciones a que llega este proyecto es la de presentar los requisitos detallados que deben cumplir los áridos reciclados que van a ser utilizados en las distintas aplicaciones recomendadas, y describir las condiciones de su aplicación y los controles de calidad que se deben establecer. (Asociación Española de Gestores de Residuos de Construcción y Demolición GERD, 2011)

## 2.2.- BASES TEÓRICAS

### 2.2.1.- RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

Se consideran residuos de construcción y demolición (RCD) aquellos que se generan en el entorno urbano y no se encuentran dentro de los comúnmente conocidos como Residuos Sólidos Urbanos (residuos domiciliarios y comerciales, fundamentalmente), ya que su composición es cuantitativa y cualitativamente distinta. Se trata de residuos, básicamente inertes, constituidos por: tierras y áridos mezclados, piedras, restos de concreto, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, ladrillos, cristal, plásticos, yesos, maderas y, en general, todos los desechos que se producen por el movimiento de tierras y construcción de edificaciones nuevas y obras de infraestructura, así como los generados por la demolición o reparación de edificaciones antiguas. (NTP 400.050, 1999)

#### 2.2.1.1.- Clasificación de los residuos

Se considera la siguiente clasificación de residuos sólidos de la construcción y demolición:

- 1.- Residuos peligrosos
- 2.- Residuos no peligrosos (reutilizables, reciclables, aprovechables)

Los residuos no peligrosos se clasifican utilizando las definiciones siguientes:

- Excedentes de remoción
- Excedentes de obra



- Escombros y
- Otros residuos

Los escombros, por su origen se clasifican en:

- Concretos de remoción
- Mezclas asfálticas de demolición
- Material no bituminoso de demolición de carreteras y
- Material de demolición no clasificado.

#### **2.2.1.2.- Componentes del manejo del Residuos.**

Según la Norma Técnica Peruana NTP 400.050 (1999) el generador y usuario potencial de estos residuos deberá tener en cuenta los siguientes componentes:

##### **a.- Obtención de materiales**

La reutilización y el reciclaje de los residuos deben realizarse sobre la base de los mayores volúmenes de residuos y de las alternativas cuyas exigencias técnicas sean lo más elevadas posibles, para lo cual debe procurar que los materiales recuperados de los residuos de la actividad de la construcción resulten con las mismas o similares características de los materiales de origen. Esto se logra a través de un desmontaje selectivo y de la clasificación y separación de los materiales. Las mezclas que sean inadecuadas para un reciclaje, bajo los criterios técnicos y ambientales, deben ser previamente retiradas y tratadas conforme a las normas vigentes.

##### **b.- Acondicionamiento y Almacenamiento.**



Los materiales obtenidos deben almacenarse separadamente según su tipo. En el caso del manejo de los residuos peligrosos, se realizaran de acuerdo a las normas técnicas respectivas.

**c.- Recolección.**

La recolección debe realizarse selectivamente teniendo en cuenta el destino de los residuos obtenidos, ya sea su reutilización, reciclaje o disposición final, y de acuerdo a las normas técnicas respectivas.

**d.- Transporte.**

El transporte debe realizarse con equipos y/o vehículos en horario y rutas según las Normas Técnicas respectivas.

**e.- Aprovechamiento (reutilización y reciclaje de materiales)**

Para concretar el reciclaje de los materiales secundarios obtenidos, se debe verificar su aptitud para el uso previsto según los métodos descritos en las normas específicas según criterios técnicos y ambientales.

**f.- Tratamiento para disposición final.**

Se recomienda tratar los residuos para minimizar los riesgos a la salud y al ambiente o reducir los costos de la disposición final.

**g.- Disposición Final.**

La disposición final se debe efectuar en lugares apropiados y regulados por la normatividad correspondiente. (NTP 400.050, 1999)





## 2.2.2.- CEMENTO PORTLAND.

El cemento Portland esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen rocas calcáreas, arcillas, cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas. (Abanto F, 2006)

Otra materia prima que se utiliza es el yeso, que se incorpora en el proceso de la molienda del Clinker para regular el tiempo de fraguado.

De acuerdo a las normas nacionales ITINTEC y a las internacionales ASTM, los cementos están clasificados en dos grandes grupos:

- a. Cementos Portland Comunes.
- b. Cementos Portland Adicionados.

### 2.2.2.1.- Componentes físicos de los cementos.

**Finura de molienda:** La finura de molido está íntimamente ligada al valor hidráulico del cemento, ya que influye decisivamente en la velocidad de las reacciones químicas que tienen lugar durante su fraguado y primer endurecimiento. En la determinación del proceso industrial adecuado para la molienda del cemento, intervienen factores técnicos y económicos que deben conciliarse. En el aspecto técnico interesa principalmente definir el grado de finura que debe darse al cemento para que cumpla especificaciones de acuerdo con su tipo, pero sin dejar de considerar también los efectos secundarios que la finura del cemento puede inducir en el comportamiento del concreto, tanto en estado fresco como ya endurecido.



**Grado de finura:** El grado de finura del cemento tiene efectos ambivalentes en el concreto. Al aumentar la finura el cemento se hidrata y adquiere resistencia con más rapidez, y también se manifiesta mayor disposición en sus partículas para mantenerse en suspensión en la pasta recién mezclada, lo cual es ventajoso para la cohesión, manejabilidad y capacidad de retención de agua en las mezclas de concreto. Como contrapartida, una finura más alta representa mayor velocidad en la generación de calor y mayor demanda de agua de mezclado en el concreto, cuyas consecuencias son indeseables porque se traducen en mayores cambios volumétricos del concreto y posible agrietamiento en las estructuras.

**Superficie específica:** La superficie específica del cemento se determina en centímetros cuadrados por gramo. (Especificación ASTM C 115-58 o C 204-55): Los dos aparatos más comunes para medir la finura del cemento Pórtland son el turbidímetro de Wagner y el aparato de Polaine para determinar la permeabilidad del aire.

El turbidímetro se basa en la teoría de la sedimentación para obtener la distribución de las partículas en tamaños con la que se calcula la superficie específica.

En el método de permeabilidad al aire se determina la superficie específica haciendo pasar una cantidad definida de aire por una muestra preparada. La cantidad de aire que pasa es una función del tamaño y distribución de las partículas.



### 2.2.2.2.- Componentes químicos de los cementos.

Un aspecto importante relativo a la composición química del Clinker (y del cemento Portland) se refiere a los álcalis, óxidos de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), cuyo contenido suele limitarse para evitar reacciones dañinas del cemento con ciertos agregados en el concreto. Esto ha dado motivo para el establecimiento de un requisito químico opcional, aplicable a todos los tipos de cemento Portland, que consiste en ajustar el contenido de álcalis totales, expresados como  $\text{Na}_2\text{O}$ , a un máximo de 0.60 por ciento cuando se requiere emplear el cemento junto con agregados reactivos.

Los cementos Portland, resultan de la molienda del Clinker y el yeso sin componentes cementantes adicionales.

Como el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una fórmula química. No obstante hay cuatro compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento y son:

**a) Silicato Tricálcico (C3S):** Produce la alta resistencia inicial del cemento Portland hidratado, la reacción del C3S con agua desprende gran cantidad de calor (calor de hidratación).

**b) Silicato Dicálcico (C2S):** Es el principal causante de la resistencia posterior de la pasta de cemento. Con una incidencia menor en el calor de hidratación.



**c) Aluminato Tricálcico (C3A):** Es el que se combina con el yeso (3 a 4%) para controlar el tiempo de fraguado, ya que con los silicatos, condiciona el fraguado violento actuando como catalizador. No tiene trascendencia en la resistencia.

**d) Aluminio Ferrita Tetracálcico (C4AF):** Es semejante al C3A por que se hidrata con rapidez y solo desarrolla baja resistencia.

Además de otros compuestos como Oxido de Magnesio (MgO), Óxidos de Potasio Sodio ((K<sub>2</sub>O, NA<sub>2</sub>O), Óxidos de Manganeso y Titanio (Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>).

### 2.2.3.- AGREGADOS

Se define los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las  $\frac{3}{4}$  partes del volumen total, luego la calidad de estos tienen una importancia primordial en el producto final. (Abanto F, 2006)

La denominación de inertes es relativa, porque si bien no intervienen directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, para producir la pasta de cemento, sus características afectan notablemente el producto resultante, siendo en algunos casos tan importantes como el cemento para el logro de ciertas propiedades particulares de resistencia, conductibilidad, durabilidad etc.

Están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de ellos, y sus características



físicas y químicas tienen influencia en prácticamente todas las propiedades del concreto.

La distribución volumétrica de las partículas tiene gran trascendencia en el concreto para obtener una estructura densa y eficiente así como una trabajabilidad adecuada. Está científicamente demostrado que debe haber un ensamble casi total entre las partículas, de manera que las más pequeñas ocupen los espacios entre las mayores y el conjunto esté unido por la pasta de cemento.

#### **2.2.3.1.- clasificación de los agregados.**

Las clasificaciones que describiremos a continuación no son necesariamente las únicas ni las más completas, pero responden a la práctica usual en Tecnología del Concreto.

##### **a) Por su procedencia.**

Se clasifican en:

**Agregados naturales.-** Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto.

Estos agregados son los de uso más frecuente a nivel mundial y particularmente en nuestro país por su amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad, lo que los hace ideales para producir concreto.



**Agregados Artificiales.-** Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto.

Algunos agregados de este tipo los constituye la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado, la microsílíce etc. El potencial de uso de estos materiales es muy amplio, en la medida que se van investigando y desarrollando otros materiales y sus aplicaciones en concreto, por lo que a nivel mundial hay una tendencia muy marcada hacia progresar en este sentido.

En nuestro país, existen zonas como por ejemplo en la Selva donde no se dispone de agregados normales para hacer concreto y la mayor parte de las veces se tienen que improvisar soluciones que no garantizan el material resultante, por lo que es imprescindible el empezar a ahondar en las posibilidades de desarrollar materiales artificiales en aquellas regiones, estimulando en las Universidades la investigación orientada hacia la solución técnica y económica de estos problemas

**b) Por su gradación.**

La gradación es la distribución volumétrica de las partículas que como ya hemos mencionado tiene suma importancia en el concreto. Se ha establecido convencionalmente la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y las menores de 4.75 mm (Malla Standard ASTM # 4).



Esta clasificación responde además a consideraciones de tipo práctico ya que las técnicas de procesamiento de los agregados (zarandeo, chancado) propenden a separarlas en esta forma con objeto de poder establecer un control más preciso en su procesamiento y empleo.

**c) Por su densidad.**

Entendiendo densidad como la Gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en normales con  $G_e = 2.5$  a  $2.75$ , ligeros con  $G_e < 2.5$  y pesados con  $G_e > 2.75$ . Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiéndose establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso.

(Abanto F, 2006)

**2.2.3.2.- Características físicas de los agregados.**

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación.

Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas estándar que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas.



Es importante para evaluar estos requerimientos el tener claros los conceptos relativos a las siguientes características físicas de los agregados y sus expresiones numéricas:

**a. Condiciones de Saturación.**

Partiendo de la condición seca hasta cuando tiene humedad superficial, pudiéndose asimilar visualmente los conceptos de saturación en sus diferentes etapas.

**b. Peso específico. (Specific Gravity)**

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las Normas ASTM C-127 y C-128, establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación. Hay que tomar en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. Su valor para agregados normales oscila entre 2,500 y 2,750 kg/m<sup>3</sup>.

**c. Peso unitario.**

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas, está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo.





La Norma ASTM C-29, define el método estándar para evaluado, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en un molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas. El valor obtenido, es el que se emplea en algunos métodos de diseño de mezclas para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen. La mejor recomendación para reducir el error aludido, es hacer por lo menos 5 determinaciones de peso unitario suelto en porciones de muestras de agregados que; representen varios niveles de las pilas de almacenaje para reflejar las probables variaciones por segregación. El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1,500 y 1,700 kg/m<sup>3</sup>

#### **d. Porcentaje de Vacíos.**

Es la medida del volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. La misma norma ASTM C-29 indicada anteriormente establece la fórmula para calcularlo, empleando los valores de peso específico y peso unitario estándar:

$$\% \text{ de Vacíos} = 100 \left[ \frac{(S \times W) - M}{S \times W} \right] \quad \text{---- (01)}$$

Dónde:

% de Vacíos = Porcentaje de Vacíos



S = Peso específico de masa.

W = Densidad del agua.

M = Peso unitario compactado, seco

#### **e. Absorción.**

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

#### **f. Porosidad.**

Es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregados. Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas. No hay un método estándar en ASTM para evaluarla, sin embargo existen varias formas de determinación por lo general complejas y cuya validez es relativa. Una manera indirecta de estimada es mediante la determinación de la absorción, que da un orden de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real, ya que como hemos indicado en el párrafo anterior, nunca llegan a saturarse completamente todos los poros de las partículas.



Los valores usuales en agregados normales pueden oscilar entre 0 y 15% aunque por lo general el rango común es del 1 al 5%. En agregados ligeros se pueden tener porosidades del orden del 15 al 50%.

#### **g. Humedad.**

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado. Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas.

#### **2.2.3.3.- Características resistentes de los agregados.**

Están constituidas por aquellas propiedades que le confieren la capacidad de soportar esfuerzos o tensiones producidos por agentes externos. Las principales son:

##### **a) Resistencia.**

Capacidad de asimilar la aplicación de fuerzas de compresión corte, tracción y flexión. Normalmente se mide por medio de la resistencia en compresión, para lo cual se necesita ensayar testigos cilíndricos o cúbicos de tamaño adecuado al equipo de ensayo, que se perforan o cortan de una muestra lo suficientemente grande.



La resistencia a la compresión está inversamente relacionada con la porosidad y la absorción y directamente con el peso específico. Agregados normales con Peso específico entre 2.5 a 2.7, tienen resistencias en compresión del orden de 750 a 1,200 Kg/cm<sup>2</sup>.

Los agregados ligeros con Peso específico entre 1.6 a 2.5 usualmente manifiestan resistencias de 200 a 750 Kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia del agregado condiciona en gran medida la resistencia del concreto, por lo que es fundamental el evaluarla directa o indirectamente cuando se desea optimizar la calidad de los concretos.

#### **b) Tenacidad.**

Se denomina así en general a la resistencia al impacto. Está más relacionada con la sollicitación en flexión que en compresión, así como con la angularidad y aspereza de la superficie. Tiene trascendencia en las propiedades del concreto ante impactos que son importantes en términos prácticos, al momento de evaluar las dificultades en el procesamiento por chancado del material. Su estimación es más cualitativa que cuantitativa.

#### **c) Dureza.**

Es la resistencia al desgaste por la acción de unas partículas sobre otras o por agentes externos. En los agregados para concreto se cuantifica por medio de la resistencia a la abrasión en la Máquina de Los Ángeles, que consta de un cilindro metálico donde se introduce



el agregado conjuntamente con 12 esferas de acero de 46.8 mm., de diámetro y entre 390 y 445 gr. de peso cada una, con un peso total de  $5,000 \pm 25$  gr., haciéndose girar el conjunto un cierto número de revoluciones ( 100 o 500 ) que provocan el roce entre partículas, y de las esferas sobre la muestra provocando el desprendimiento superficial de material el cual se mide y expresa en porcentaje. Las normas ASTM aplicables son la C-131 y C- 535.

Agregados con altos valores de desgaste a la abrasión ( $> 50$  %) producen concretos con características resistentes inadecuadas en la mayoría de casos.

#### **2.2.3.4.- Propiedades térmicas de los agregados.**

Condicionan el comportamiento de los agregados ante el efecto de los cambios de temperatura. Estas propiedades tienen importancia básica en el concreto pues el calor de hidratación generado por el cemento, además de los cambios térmicos ambientales actúan sobre los agregados provocando dilataciones expansiones retención o disipación de calor según sea el caso.

Las propiedades térmicas están afectadas por la condición de humedad de los agregados, así como por la porosidad, por lo que sus valores son bastante variables. Las principales son:

##### **a) Coeficiente de expansión.**

Cuantifica la capacidad de aumento de dimensiones de los agregados en función de la temperatura. Depende mucho de la



composición y estructura interna de las rocas y varía significativamente entre los diversos tipos de roca. En los agregados secos es alrededor de un 10 % mayor que en estado parcialmente saturado. Los valores oscilan normalmente entre  $0.9 \times 10^{-6}$  a  $8.9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

#### **b) Calor específico.**

Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en  $1^{\circ}\text{C}$  la temperatura. No varía mucho en los diversos tipos de rocas salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos. Es del orden de 0.18 al/gr. $^{\circ}\text{C}$ .

#### **c) Conductividad Térmica.**

Es la mayor o menor facilidad para conducir el calor. Está influenciada básicamente por la porosidad siendo su rango de variación relativamente estrecho. Los valores usuales en los agregados son de 1.1 a 2.7 Btu/pie.hr. $^{\circ}\text{F}$ .

#### **d) Difusividad.**

Representa la velocidad con que se pueden producir cambios térmicos dentro de una masa. Se expresa como el cociente de dividir la conductividad entre el producto del calor específico por la densidad.



### 2.2.3.5.- Características geométricas y morfológicas.

La forma y textura de las partículas de agregados influyen grandemente en los resultados a obtenerse en las propiedades del concreto. Por un lado existe un efecto de anclaje mecánico que resulta más o menos favorable en relación con el tamaño, la forma, la textura superficial y el acomodo entre ellas. Por otro se producen fenómenos de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, condicionados también por estos factores, que redundan en el comportamiento resistente y en la durabilidad del concreto.

#### a) Forma.

Por naturaleza los agregados tienen una forma irregularmente geométrica compuesta por combinaciones aleatorias de caras redondeadas y angularidades. Bryan Mather, establece que la forma de las partículas está controlada por la redondez o angularidad y la esfericidad, dos parámetros relativamente independientes. La redondez o angularidad se puede definir numéricamente como la relación entre el radio de curvatura promedio de los bordes de la partícula entre el radio del máximo círculo inscrito.

#### b) Textura.

Representa qué tan lisa o rugosa es la superficie del agregado. Es una característica ligada a la absorción pues agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos, además que producen



concretos menos plásticos pues se incrementa la fricción entre partículas dificultando el desplazamiento de la masa.

#### **2.2.4.- AGUA**

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto. Complementariamente, al evaluar el mecanismo de hidratación del cemento vimos como añadiendo agua adicional mediante el curado se produce hidratación adicional del cemento, luego esta agua debe cumplir también algunas condiciones para poderse emplear en el concreto. (Abanto F, 2006)

##### **2.2.4.1.- El agua para la mezcla.**

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. El problema principal del





agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento. Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto.

En este sentido, es interesante distinguir el agua potable en términos de los requerimientos nominales establecidos por los organismos que regulan su producción y uso, y el agua apta para consumo humano, ya que los requerimientos aludidos normalmente son mucho más exigentes de lo necesario. Como dato interesante, es una evidencia que en el Perú muy pocas "aguas potables" cumplen con las limitaciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere al contenido de sulfatos y carbonatos, sin embargo sirven para el consumo humano y consecuentemente para el concreto, por lo que no debe cometerse el error de establecer especificaciones para agua que luego no se pueden satisfacer en la práctica.

No existe un patrón definitivo en cuanto a las limitaciones en composición química que debe tener el agua de mezcla, ya que incluso aguas no aptas para el consumo humano sirven para preparar concreto y por otro lado depende mucho del tipo de cemento y las impurezas de los demás ingredientes. Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con



impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, eflorescencias, contribución a la corrosión del acero, cambios volumétricos etc. Curiosamente, ni el ACI ni el ASTM establecen requisitos para el agua de mezcla para concreto, sin embargo, en una iniciativa realmente importante, la norma Nacional Itintec 339.088 sí establece requisitos para agua de mezcla y curado. Los valores establecidos en la Norma aludida son algo conservadores, pero nuestra experiencia indica que son relativamente fáciles de cumplir en la mayoría de los casos. Como comentario anecdótico es interesante anotar que en general estas aguas tienen contenidos de sulfatos bastante más bajos que las aguas potables en nuestro medio, no siendo esto significativo para el caso del concreto, pero es la fuente de los problemas estomacales que normalmente aquejan a los visitantes foráneos acostumbrados a niveles menores, disueltas basta de 35,000 ppm., los efectos que podrían esperarse serían aceleración del fraguado y probable reducción de resistencia a largo plazo, que puede compensarse reduciendo la relación Agua/Cemento, sin embargo pueden producirse eflorescencias y manchas, por lo que es recomendable utilizar sólo en concretos simples en que los efectos mencionados no tengan importancia. En el concreto armado la alta cantidad de cloruros propicia la corrosión del acero de refuerzo por lo que está proscrito su empleo en estos casos.



Existe evidencia experimental que el empleo de aguas con contenidos individuales de cloruros, sulfatos y carbonatos sobre las 5.000 ppm ocasiona reducción de resistencias hasta del orden del 30 % con relación a concretos con agua pura. Los Carbonatos y bicarbonatos de Sodio y Potasio pueden acelerar o retardar el fraguado cuando la suma de sales disueltas tiene concentraciones sobre 1000 ppm, por lo que es recomendable en estos casos hacer pruebas de tiempo de fraguado. Hay evidencias que en estas condiciones pueden incrementarse las reacciones álcali-sílice en los agregados.

#### **2.2.4.2.- El agua para curado.**

En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para el curado, y por otro lado en las obras es usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto. No obstante lo mencionado, si revisamos lo ya evaluado con respecto al mecanismo de hidratación del cemento y la estructura de la pasta, podemos concluir que el agua adicional que puede contribuir a hidratar el concreto proveniente del curado, representa una fracción solamente del agua total (alrededor de la quinta parte en volumen absoluto), por lo que las limitaciones para el caso del agua de curado pueden ser menos exigentes que en el caso del agua de mezcla, pudiendo aceptarse reducidas a la mitad en la mayoría de los casos.



### 2.2.5.- EL CONCRETO

Consiste en el aglomerante, constituida por la pasta de cemento y agua que aglutina a los agregados gruesos, finos, aire y vacíos, estableciendo un comportamiento resistente debido en gran parte a la capacidad de la pasta para adherirse a los agregados y soportar esfuerzos de tracción y compresión, así como a un efecto puramente mecánico propiciado por el acomodo de las partículas inertes y sus características propias. (Murdorck, 2001)

Una conclusión inmediata que se desprende del esquema mencionado, es que la estructura del concreto no es homogénea, y en consecuencia no es isotrópica, es decir no mantiene las mismas propiedades en diferentes direcciones.

Esto se debe principalmente a los diferentes materiales que intervienen, su variabilidad individual así como al proceso mismo de elaboración, en que durante la etapa en que la pasta es plástica, se posibilita el acomodo aleatorio de los diferentes componentes hasta su ubicación definitiva al endurecer.

Un aspecto sumamente importante en la estructura del concreto endurecido reside en la porosidad o sistema de vacíos. Gran parte del agua que interviene en la mezcla, sólo cumple la función de lubricante en el estado plástico ubicándose en líneas de flujo y zonas de sedimentación de los sólidos" de manera que al producirse el endurecimiento y evaporarse quedan los vacíos o poros, que condicionan el comportamiento posterior



del concreto para absorber líquidos y su permeabilidad o capacidad de flujo a través de él.

### **2.2.5.1.- Propiedades del concreto fresco.**

#### **a) Trabajabilidad.**

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian. Está influenciada principalmente por la pasta el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa. Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento mantiene siempre una película de mortero de al menos 1/4" sobre el agregado grueso.

El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, pues es fácilmente demostrable que se pueden obtener concretos con igual slump pero



trabajabilidades notablemente diferentes para las mismas condiciones de trabajo.

### **b) Segregación.**

Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es sólo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz.

Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación. En los concretos con contenidos de piedra del 55% en peso con respecto al peso total de agregados, es frecuente confundir la segregación con la apariencia normal de estos concretos, lo cual es muy simple de verificar obteniendo dos muestras de concreto fresco de sitios diferentes y comparar el contenido de gruesos por lavado que no deben diferir en más del 6%.

### **c) Exudación.**

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto.



Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades. Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento por lo que cuanto más fina es la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla No 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de mezcla.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto pues es una propiedad inherente a su estructura luego lo importante es evaluado y controlado en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

#### **d) Contracción.**

Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia.

Ya hemos visto que la pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, a esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible.

Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento y es la llamada contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla.



### 2.2.5.2.- Propiedades del concreto endurecido.

#### a) Elasticidad.

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs., deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un "Módulo de elasticidad estático" del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un % de la tensión última.

#### b) Resistencia.

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso.

La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se





use y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto.

### **c) Extensibilidad.**

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran figuraciones.

Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo. El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

La microfisuración aparece normalmente alrededor del 60% del esfuerzo último, ya una deformación unitaria de 0.0012, y en condiciones normales la fisuración visible aparece para 0.003 de deformación unitaria.

### **2.2.5.3.- Durabilidad del concreto.**

El ACI define la durabilidad del concreto de cemento Pórtland, como la habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzca deterioro del concreto. (Norma ACI 211.1.74, 2002)



La conclusión primordial que se desprende de la definición anterior, es que la durabilidad no es un concepto absoluto que dependa solo del diseño de mezcla, sino que está en función del ambiente de exposición y las condiciones de trabajo a las cuales lo sometamos. En este sentido, no existe un concreto "durable" por sí mismo, ya que las características físicas, químicas y mecánicas que pudieran ser adecuadas para ciertas circunstancias no necesariamente lo habilitan para seguir siendo "durable" bajo condiciones diferentes. El problema de la durabilidad es sumamente complejo, en la medida en que cada situación de exposición y condición de servicio ameritan una especificación particular tanto para los materiales y diseño de mezcla, como para los aditivos, la técnica de producción y el proceso constructivo, por lo que es usual que en este campo las generalizaciones resulten nefastas.

#### **2.2.5.4.- Aditivos en el concreto.**

Son materiales orgánicos o inorgánicos que se añaden a la mezcla durante o luego de formada la pasta de cemento y que modifican en forma dirigida algunas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto. El comportamiento de los diversos tipos de cemento Portland está definido dentro de un esquema relativamente rígido, ya que pese a sus diferentes propiedades, no pueden satisfacer todos los requerimientos de los procesos constructivos. Existen



consecuentemente varios casos, en que la única alternativa de solución técnica y eficiente es el uso de aditivos.

Al margen de esto, cada vez se va consolidando a nivel internacional el criterio de considerar a los aditivos como un componente normal dentro de la Tecnología del Concreto moderna ya que contribuyen a minimizar los riesgos que ocasiona el no poder controlar ciertas características inherentes a la mezcla de concreto original, como son los tiempos de fraguado, la estructura de vacíos, el calor de hidratación, etc.

#### **2.2.6.- DISEÑO DE MEZCLAS.**

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, conocida usualmente como diseño de la mezcla, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuadas; y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador e indicados en los planos y/o las especificaciones de obra. (Norma ACI 211.1.74, 2002)

En la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, el diseñador debe recordar que la composición de la misma está determinada por:



a) Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, las cuales son determinadas por el ingeniero estructural y se encuentra indicadas en los planos y/o especificaciones de obra.

b) Las propiedades del concreto al estado no endurecido, las cuales generalmente son establecidas por el ingeniero constructor en función del tipo y características de la obra y de las técnicas a ser empleadas en la colocación del concreto.

c) El costo de la unidad cúbica de concreto.

Los criterios presentados permiten obtener una primera aproximación de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica del concreto. Estas proporciones, sea cual fuere el método empleado para determinarlas, deberán ser consideradas como valores de prueba sujetos a revisión y ajustes sobre la base de los resultados obtenidos en mezclas preparadas bajo condiciones de laboratorio y obra.

Dependiendo de las condiciones de cada caso particular, las mezclas de prueba deberán ser preparadas en el laboratorio y, de preferencia, como tandas de obra empleando el personal, materiales y equipo a ser utilizados en la construcción. Este procedimiento permite ajustar las proporciones seleccionadas en la medida que ello sea necesario hasta obtener un concreto que, tanto en estado fresco como endurecido, reúna las características y propiedades necesarias; evitando los errores derivados de asumir que los valores obtenidos en el gabinete son enteramente representativos del comportamiento del concreto bajo condiciones de obra.



### 2.2.6.1.- Alcances para el diseño de mezclas.

Estas recomendaciones presentan diversos procedimientos a ser empleados en la selección de las proporciones de mezclas de concreto de peso normal y resistencia a la compresión especificada a los 28 días no mayor de 350 kg/cm<sup>2</sup>.

Las mezclas de concreto cuya resistencia a la compresión especificada a los 28 días es mayor que la indicada; aquellas que corresponden a concretos pesados o livianos; o concretos ciclópeos, requieren para la selección de sus proporciones de consideraciones especiales y no han sido consideradas en estas recomendaciones. Igualmente no se incluyen recomendaciones para condiciones de exposición especialmente severas, tales como la acción de ácidos o de muy altas temperaturas; e igualmente no se incluyen aquellos criterios que se refieren a condiciones estéticas tales como acabados superficiales especiales, aspectos todos estos que deben estar referidos en las especificaciones del proyecto. En estas recomendaciones los requisitos y procedimientos para la selección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto se basan en dos principios:

- a) Estas recomendaciones tienen como primera prioridad la protección de los intereses de los usuarios y del propietario de la obra.
- b) El concreto debe alcanzar, tanto al estado fresco como al endurecido, las propiedades seleccionadas por el ingeniero



estructural y los requisitos mínimos indicados en los planos y/o las especificaciones de obra.

#### **2.2.6.2.- Criterios básicos en el diseño.**

El concreto debe cumplir con la calidad especificada y con todas las características y propiedades indicadas en los planos y especificaciones de obra. El proyectista debe considerar que el proceso de selección de las proporciones de la mezcla no es un procedimiento empírico, sino que responde a reglas, procedimientos matemáticos, empleo de tablas y gráficos y a la experiencia del diseñador. (Norma ACI 211.1.74, 2002)

En todo momento debe recordarse que el proceso de diseño de una mezcla de concreto comienza con la lectura y el análisis de los planos y especificaciones de obra y no termina hasta que se produce en la misma el concreto de la calidad requerida. El proyectista deberá considerar que en la selección de las proporciones de una mezcla de concreto están involucradas dos etapas:

- a) Estimación preliminar de las proporciones de la unidad cúbica de concreto más convenientes. Para ello se podrá emplear información previa proveniente de obras anteriores; tablas y gráficos; requisitos de las especificaciones de obra; Normas y Reglamentos; resultados de laboratorio de los ensayos realizados en los materiales a ser utilizados; y condiciones de utilización de concreto.



b) Comprobación, por medio de ensayo de muestras elaboradas en laboratorio y en obra, de las propiedades del concreto que se ha preparado con los materiales a ser utilizados en obra y en las proporciones seleccionadas en el gabinete.

La resistencia en compresión especificada para cada uno de los elementos de la estructura debe estar indicada en los planos. Los requisitos de resistencia en compresión se basan en el valor de los resultados de ensayos realizados a los 28 días de moldeadas las probetas; exceptuándose el caso en que el ingeniero proyectista o la inspección solicitan edades diferentes para los ensayos.

La selección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto deberá permitir que éste alcance a los 28 días, o a la edad seleccionada, la resistencia en compresión promedio elegida. El concreto deberá ser clasificado de manera tal de minimizar la frecuencia de los resultados de resistencia inferiores a la resistencia de diseño especificada. Se considera recomendable que no más de un resultado de ensayo de cada diez esté por debajo del valor de la resistencia especificada.

Ello a fin de garantizar que se desarrollará en la estructura una resistencia del concreto adecuado. La certificación del cumplimiento de los requisitos para la resistencia de diseños especificada se basará en los resultados de ensayos de probetas cilíndricas estándar, de 15 x 30 cm, preparadas de la misma muestra de concreto



ensayadas de acuerdo a las normas ASTM C 31 y C 39; o ITINTEC 339.036; 339.033; ó 339.034.

Se considera como una muestra de ensayo al promedio de los resultados de por lo menos dos probetas cilíndricas estándar, preparadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a la edad elegida para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto.

Los resultados de los ensayos de resistencia a la flexión, o de resistencia a la tracción por compresión diametral, no deberán ser utilizados como criterio para la aceptación del concreto. Las columnas, vigas, losas, muros de corte, cáscaras, láminas, y en general, todos los elementos estructurales que deban comportarse como elementos sismoresistentes, deberán tener una resistencia de diseño especificada del concreto no menor de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. La calidad del acero no excederá de lo especificado para el acero Grado ANR 420, a fin de que en ambos casos se cumplan las condiciones de ductilidad.

En estructuras de albañilería, tales como viviendas, edificios multifamiliares de pocos pisos, o edificaciones estructuradas con muros de albañilería resistentes a cargas de gravedad y de sismo, se podrá emplear concretos cuya resistencia de diseño especificada no sea menor de 175 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días siempre que se considere que los elementos sismo resistentes van a ser los muros albañilería. Cuando se emplea materiales diferentes para secciones distintas de





una obra, cada combinación de ellos deberá ser evaluada. La selección de las proporciones de la mezcla deberá ser para valores en peso.

## 2.3.- MARCO LEGAL.

### 2.3.1.- Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos

La presente Ley establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

Se aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. Asimismo, comprende las actividades de internamiento y tránsito por el territorio nacional de residuos sólidos.

No están comprendidos en el ámbito de esta Ley los residuos sólidos de naturaleza radiactiva, cuyo control es de competencia del Instituto Peruano de Energía Nuclear, salvo en lo relativo a su internamiento al país, el cual se rige por lo dispuesto en esta Ley.

Artículo 8.- El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción regulan la gestión de los residuos sólidos de la actividad de la



construcción y el transporte de los residuos peligrosos. Asimismo, autoriza y fiscaliza el transporte de los residuos peligrosos, en las vías nacionales y regionales.

### **2.3.2.- Decreto Supremo N° 003-2013-Vivienda**

#### **Reglamento para la gestión y manejo de los residuos de la construcción y demolición.**

Tiene como objetivo general regular la gestión y manejo de los residuos sólidos de la construcción y demolición cumpliendo con el Artículo 8° de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos de la construcción y demolición, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana, contribuyendo al desarrollo sostenible del país.

Objetivos específicos de la norma:

1. Definir las funciones de las autoridades que intervienen en la gestión de residuos sólidos de la construcción y demolición, promoviendo la coordinación interinstitucional y la implementación del presente Reglamento.
2. Regular la minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos y peligrosos procedentes de la actividad de la construcción y demolición.



3. Regular la recolección de los residuos sólidos de la construcción y demolición declarados en abandono que se encuentren en los espacios públicos o privados.
4. Establecer mecanismos de coordinación, comunicación y seguimiento para la participación organizada de las instituciones y la población en caso de situación de desastre natural, antrópico y emergencia ambiental.
5. Promover, regular e incentivar la participación de la inversión privada en las diversas etapas de la gestión de los residuos sólidos de la construcción y demolición, promoviendo el reaprovechamiento ecoeficiente de los recursos que puedan ser generados a partir de los residuos sólidos no peligrosos de la construcción y demolición.

El presente Reglamento es de aplicación al conjunto de actividades relativas a la gestión y manejo de los residuos sólidos de la actividad de la construcción y demolición, así como los residuos generados en situación de desastre natural, antrópico y emergencia ambiental, siendo de cumplimiento obligatorio para toda persona natural o jurídica, pública o privada sean generadores u operadores de los residuos que deberán cumplir con las condiciones, requisitos y procedimientos establecidos en el presente Reglamento y normas complementarias, sin perjuicio de las demás normas vigentes.

Según lo establecido en el Artículo 11º de la Ley, quedan excluidas de la aplicación del presente Reglamento las pequeñas ciudades y centros poblados menores que cuenten con un municipio propio, que no superen más de 5,000 habitantes; y que por sus condiciones económicas,

infraestructura, equipamiento urbano, y por su condición socioeconómica rural, resulte incompatible el cumplimiento de las presentes disposiciones; Municipalidades distritales que previo Acuerdo de Consejo Municipal, informaran al Gobierno Regional y al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; sobre el cumplimiento de la condición de exclusión y las medidas de protección ambiental, para cuidar, manejar y minimizar cualquier impacto negativo a la salud humana y a los ecosistemas que puedan generarse.

### **2.3.3.- NTP 400.050 Manejo de residuos de la actividad de la Construcción.**

La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico Especializado de Manejo de residuos de la Construcción el 17 de setiembre de 1999.

El objeto de la presente norma es:

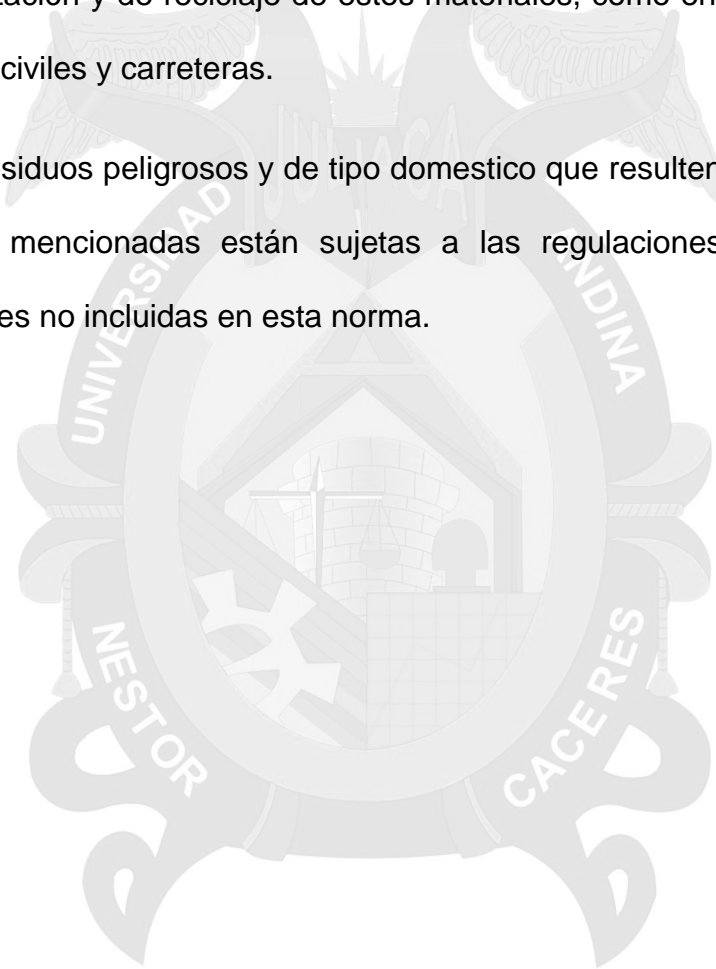
- Presentar las directrices para un adecuado manejo de residuos de la actividad de la construcción, las que proporcionaran consideraciones y principios rectores para el desarrollo de dicha actividad y la aplicación de las normas específicas.
- Definir los tipos de residuos así como establecer una clasificación de los mismos indicando alternativas de reutilización o reciclaje para cada tipo de residuo.
- Establecer, bajo las consideraciones técnicas y ambientales, las alternativas de reutilización, reciclaje o disposición final de residuos de la actividad de la construcción.



Esta norma se aplica a los residuos de la actividad de la construcción, los cuales son todos aquellos residuos generados en el proceso constructivo o después de la remoción, levantamiento, demolición, reparación y/o reforzamiento o adecuación para cambio de uso general.

Se recomienda opciones de manejo con énfasis en las opciones de reutilización y de reciclaje de estos materiales, como en la construcción de obras civiles y carreteras.

Los residuos peligrosos y de tipo doméstico que resulten de las actividades antes mencionadas están sujetas a las regulaciones correspondientes vigentes no incluidas en esta norma.





## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1.- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

Se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea, el presente trabajo de investigación tendrá un enfoque **Cuantitativo**, puesto que usara la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

Dentro del proceso cuantitativo será del tipo **Experimental**, Situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos).

Esto se logrará con la ayuda del laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

Así mismo se usó los equipos que cuenta la universidad para los diferentes ensayos, también se tuvo el apoyo de las autoridades de la facultad, tanto el director de la carrera académica profesional de Ingeniería Civil como el decano de la facultad, egresados, estudiantes y técnicos.



### 3.2.- METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN.

En todo estudio o investigación es de importancia fundamental que los hechos y relaciones que se establecen, a partir de los resultados obtenidos o nuevos conocimientos; tengan el grado máximo de exactitud y confiabilidad.

Para ello se planea una metodología o procedimiento ordenado que se sigue para establecer lo significativo de los hechos y fenómenos hacia los cuales está encaminado el significado de la investigación.

El presente trabajo de investigación corresponde al **método científico**, debido a que nuestro estudio está basado en aplicaciones con el uso de una serie de instrumentos adecuados y pertinentes al caso.

### 3.3.- PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

#### 3.3.1.- Selección de la muestra

En la tarea de reciclar residuos de la construcción y demolición se hace necesario seleccionar estos desechos del conjunto. Los materiales pétreos relevantes y recuperables son los obtenidos del concreto en vigas, columnas y losas, mas no así el resto como son: madera, vidrio, cerámicas, acero, albañilería entre otros.

En el presente trabajo de investigación se ha obtenido la materia prima proveniente de la demolición de una losa de concreto ubicado en la ciudad universitaria, específicamente en la facultad de Ingenierías y Ciencias Puras de la UANCV, estos restos fueron desechados y se ha seleccionado para hacer el tratamiento.

Se ha seleccionado solo los desechos provenientes de concreto.

Fotografía N° 01



Descripción: Se muestra la selección de la muestra a reciclar

Fuente: Elaboración propia, 2014

### 3.3.2.- Trituración Manual

Después de seleccionar el material a reciclar, este se procede a triturarlo en forma manual con tamaños aproximados de 4" a 5" de diámetro con la finalidad de lograr el traslado y demás tratamientos que se necesita.

Fotografía N° 02



Descripción: Se muestra la trituración manual de la muestra a reciclar

Fuente: Elaboración propia, 2014



### 3.3.3.- Limpieza de la muestra

Una vez obtenido el material seleccionado y triturado manualmente, se hace necesario limpiar la muestra, ya que este material por haber sido desechado tiene muchas impurezas y está contaminado, en tal sentido se procedió a lavar la muestra en forma manual, se puede hacer esta operación de forma mecánica e industrial el cual sería una sugerencia para este procedimiento.

Fotografía N° 03



Descripción: La foto enseña el lavado de la muestra a reciclar

Fuente: Elaboración propia, 2014

### 3.3.4.- Trituración Mecánica

Para continuar con la investigación y según la recomendación técnica de la norma, el material a tratar tendrá que ser triturado a tamaño más pequeño es decir menor a 1 ½" de diámetro para ser usado como **agregado reciclado** en la producción de concreto, este procedimiento se hace dificultoso si lo realizamos en forma manual, para ello se usara una Trituradora de mandíbula. La trituradora de mandíbula se destina

principalmente al uso de la maquinaria de trituración de primer nivel o primaria (trituración gruesa y media), clasificada en el modelo de oscilación sencilla, esta máquina fue fabricada en la ciudad de Juliaca y tiene las siguientes características: Abertura de alimentación: 200x350 mm, abertura de descarga 20-50 mm, capacidad 2-3 tn/hr, velocidad giratoria 220 RPM, potencia 6 Kw. Antes de realizar el triturado se debe ajustar la máquina para lograr que el tamaño a triturar sea el adecuado para tener una buena granulometría, para ello y con la ayuda de del técnico del laboratorio de suelos se procede a dar los ajustes antes de realizar el trabajo.

Fotografía N° 04



Descripción: En la foto se puede ver la trituración mecánica de la muestra

Fuente: elaboración propia, 2014

### 3.3.5.- Clasificar la muestra

Una vez triturado la muestra según recomendación se hará el tratamiento solo del material grueso, es decir del material que pase la malla N° 4, para ello se procede a separar el material con una zaranda metálica de tal manera que se tenga el material grueso separado del fino, para el presente trabajo el material fino producto de este procedimiento será desechado y será reemplazado por material fino de origen natural. Este proceso se hizo en forma manual utilizando una zaranda metálica con la malla N° 4.

Fotografía N° 05



Descripción: En la foto se puede ver la clasificación de la muestra

Fuente: Elaboración propia, 2014

De esta clasificación, el material grueso a quien denominaremos **agregado grueso reciclado (AGR)** será sometido a una serie de ensayos en el laboratorio para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, el material fino será desechado y en su lugar será reemplazado por material fino natural proveniente de la cantera ISLA.



### 3.3.6.- Saturación de la muestra

Siguiendo el proceso de la investigación, este agregado grueso reciclado por recomendación de la norma será sometido a una saturación total por el espacio de 5 días, la razón es que al ser un material de desecho está muy seca y sin humedad, esto puede traer consigo absorber demasiada agua en el proceso de producir el concreto y variar el diseño.

Cuando se produce concreto con agregado grueso y fino natural este material viene de la cantera con una cierta humedad, esto ayuda en el diseño de mezcla.

## 3.4.- PRUEBAS Y ENSAYOS

El AGR (agregado grueso reciclado) y el agregado fino natural serán sometidos a una serie de ensayos en el laboratorio de suelos, todo esto con la finalidad de obtener el análisis mecánico y propiedades físicas.

A continuación se describen y se dan resultado de los diferentes ensayos que se efectuaron:

### 3.4.1.- Análisis Granulométrico

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASHTO o SUCS. El ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en bases o sub-bases de carreteras, presas de tierra o diques, drenajes, etc., depende de este análisis.



Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.

Para suelos con tamaño de partículas mayor a 0,074 mm. (74 micrones) se utiliza el método de análisis mecánico mediante tamices de abertura y numeración indicado

### **Equipo necesario.**

- Un juego de tamices, 8" diámetro: Standard Testsieve, ASTM E-11
- Balanza electrónica marca Kessel, precisión, máx: 30kg, min: 200 gr
- Horno Eléctrico, marca Humboldt (Temperatura 110 °)
- Herramientas y accesorios.

### **Procedimiento de ensayo.**

Primero la fracción de agregado grueso reciclado (AGR), se pesa en la balanza y el peso se anota en la hoja de registro. Luego de lleva a cabo el tamizado para separar las diferentes partículas, comenzando en orden decreciente, teniendo en cuenta de no mezclar las partículas tamizadas. Al mismo tiempo de tara una ponchera en la balanza y se determina el peso de cada fracción retenida. Se debe verificar que la suma de los pesos retenidos en cada tamiz de igual al peso de la Fracción Granular gruesa, con una tolerancia de 0.5%.

Segundo la fracción granular fina natural, se toma el material pasante el tamiz No 4, se pesa en la balanza y se anota en la hoja de registro Se vierte la muestra en el Tamiz No 200, teniendo el cuidado de no perder el material, luego se elimina las partículas

inferiores al Tamiz No 200 (limo, arcilla y coloides) lavando el material. Hasta que el agua salga limpia y clara. Todo el material retenido en el Tamiz No 200 será arena, ya que los finos fueron lavados, se coloca en un recipiente, teniendo en cuenta de no dejar material adherido en el tamiz. Se pasa el material a una escudilla de 600 ml, haciendo uso del frasco lavador. Se descanta el agua y se seca la muestra en el horno a una temperatura de  $105 \pm 5$  C por 18 horas aprox. Luego se deja enfriar y se separa por medio de tamices N° 10, No 40, No 60, No 200. Se pesan las fracciones retenidas en cada uno de tamices y se anotan en la hoja de registro.

Fotografía N° 06



Descripción: Se muestra el ensayo de granulometría

Fuente: elaboración propia, 2014



### 3.4.2.- Peso Específico (P.e.)

Este método, establece los procesos para la determinación del peso específico y absorción del agregado. El peso específico puede ser expresado como peso específico de la masa, el peso específico de la masa (saturado – superficie – seca (SSS)), o Peso específico aparente.

Según el método del picnómetro, el peso específico de la masa (SSS) y la absorción se obtienen con agregados previamente remojados en agua por 24 horas. El peso específico de los agregados permite conocer los volúmenes compactados del agregado con el fin de dosificar morteros o concretos.

Relacionado con el Peso Unitario permite conocer la compacidad del agregado. La absorción está íntimamente relacionada con la porosidad interna de los granos del agregado y con la permeabilidad de los morteros y concretos.

El procedimiento consiste en determinar el peso de una muestra de ensayo en las condiciones seca y saturada superficialmente seca. Luego, se determina su volumen como el peso del agua aforado. Conocidos el peso y el volumen se calculan los pesos específicos en función de los valores obtenidos para las diferentes condiciones. Para ello se utiliza la siguiente formula:

$$P. e. = \frac{B}{W_c + B - W} \quad \text{----- (02)}$$

Dónde:

P.e. = Peso específico.

B = Peso de muestra saturada seca (SSS)

Wc = Peso del picnómetro con agua

W = Peso del picnómetro + muestra + agua

Fotografía N° 07



Descripción: Se muestra ensayo de Peso Específico

Fuente: elaboración propia, 2014

### 3.4.3.- Absorción de los agregados

Es el incremento en la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de la masa seca. El agregado se considera como "seco" cuando se ha mantenido a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por suficiente tiempo para remover toda el agua no combinada.





Se utiliza la siguiente formula:

$$Abs = \frac{(B - A)}{A} \times 100 \quad \text{----- (03)}$$

Dónde:

Abs = Porcentaje de absorción

A = Peso de muestra secada al horno

B = Peso de muestra saturada seca (SSS)

**Requisitos de uso para el agregado:**

a.- agregado grueso

- Las partículas deben estar libres de tierra, polvo, limo, humus, escamas, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

- El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

b.- Agregado fino

- El agregado fino será arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes.

- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, exquisitos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales.



### 3.4.4.- Contenido de Humedad

En los agregados existen poros, los cuales encuentran en la intemperie y pueden estar llenos con agua, estos poseen un grado de humedad, el cual es de gran importancia ya que con él podríamos saber si nos aporta agua a la mezcla.

Este ensayo consiste en someter una muestra de agregado a un proceso de secado y comparar su masa antes y después del mismo para determinar su porcentaje de humedad total. Este método es lo suficientemente exacto para los fines usuales, tales como el ajuste de la masa en una mezcla de concreto.

#### Objetivos

Determinar el contenido de la humedad total para asegurar la calidad y uniformidad dadas al producir la mezcla de concreto.

Conocer el uso del calor, como el medio más apropiado para hacer la extracción de la humedad en agregados.

Saber sobre la relación que existe entre la humedad total, la humedad superficial y la absorción.

#### Material y equipos

- Balanza. Una balanza electrónica con precisión max: 30kg y min: 200 gr.
- Horno marca Humboldt, temperatura máxima de 110 °C.
- Recipiente. Se utiliza para introducir la muestra en el horno.



Los agregados pueden tener algún grado de humedad lo cual está directamente relacionado con la porosidad de las partículas. La porosidad depende a su vez del tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de poros.

Las partículas de agregado pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

- Totalmente seco. Se logra mediante un secado al horno a 110°C hasta que los agregados tengan un peso constante. (generalmente 24 horas).
- Parcialmente seco. Se logra mediante exposición al aire libre.
- Saturado y Superficialmente seco. (SSS). En un estado límite en el que los agregados tienen todos sus poros llenos de agua pero superficialmente se encuentran secos. Este estado sólo se logra en el laboratorio.
- Totalmente Húmedo. Todos los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial.

El contenido de humedad en los agregados se puede calcular mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad \text{----- (04)}$$

Donde,

% : Porcentaje de Humedad

Ww : Peso del agua existente en la muestra



$W_s$  : Peso de la muestra seca

### 3.4.5.- Modulo de Fineza.

El módulo de finura, también llamado modulo granulométrico por algunos autores, no es un índice de granulometría, ya que un número infinito de tamizados da el mismo valor para el módulo de finura. Sin embargo, da una idea del grosor o finura del agregado, por este motivo se prefiere manejar el termino de Modulo de Fineza.

El módulo de fineza se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar y dividiendo la suma entre 100.

Cambios significativos en la granulometría de la arena tienen una repercusión importante en la demanda de agua y, en consecuencia, en la trabajabilidad del concreto, por lo que si hubiese una variación significativa en la granulometría de la arena deben hacerse ajustes en el contenido de cemento y agua para conservar la resistencia del concreto. Para no tener que recalcular la dosificación del concreto el módulo de fineza del agregado fino, entre envíos sucesivos, no debe variar en más de  $\pm 0.2$ .

Los tamices especificados que deben usarse en la determinación del módulo de fineza son: No. 100, No. 50, No. 30, No. 16, No. 8, No. 4, 3/8".

El cálculo se realiza con la siguiente formula:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acu. } (3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100} \text{ ----- (05)}$$

Fotografía N° 08



Descripción: Se muestra ensayo de Peso Unitario en laboratorio

Fuente: elaboración propia, 2014

### 3.4.6.- Peso Unitario.

Este ensayo presenta la relación peso/volumen, para determinar cómo se van a seleccionar y manejar los agregados. Esta relación tiene cierta influencia sobre la calidad del cemento. Su fórmula es la siguiente:

$$P.U. = \frac{W_{rm} - W_r}{V_r} \quad \text{----- (06)}$$

Dónde:

P.U. : Peso unitario

$W_{rm}$  : Peso del recipiente + muestra

$W_m$  : Peso de la muestra

$V_r$  : Volumen del recipiente

### Peso Unitario Suelto



Es aquel en el que se establece la relación peso/volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5cm aproximadamente), en un recipiente de volumen conocido y estable. Este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa cuando se trabaja con agregados.

### **Peso Unitario compacto**

Este proceso es parecido al del peso unitario suelto, pero compactando el material dentro del molde, este se usa en algunos métodos de diseño de mezcla como lo es el de American Concrete Institute.

#### **3.4.7.- Resistencia a la compresión Diamantina.**

Otro ensayo importante fue la prueba a la resistencia a la compresión Diamantina, referida a obtener el valor de la resistencia del concreto antiguo. En nuestro tema de investigación era necesario saber el valor de la resistencia a la compresión para el diseño de mezcla de concretos nuevos con agregados reciclados, este valor fue obtenido al hacer la prueba de Diamantina en la losa que fue demolida de donde se obtuvo los residuos para obtener el agregado reciclado, esta prueba de diamantina fue realizado en cuatro puntos diferentes en fecha 02/10/2014.

Esta prueba tiene como base la norma ASTM C-17, ASTM C-192, La **perforación diamantina** es aquella **perforación** que se hace utilizando una broca diamantada para perforar la losa obteniendo un testigo de la misma de forma cilíndrica, el cual es extraído, registrado y sometida a la

prensa hidráulica para obtener la resistencia a la compresión. Luego de este ensayo se tiene como resultado siguientes:  $F'c = 189.47 \text{ kg/cm}^2$ ,  $F'c = 199.95 \text{ kg/cm}^2$ ,  $F'c = 217.55 \text{ kg/cm}^2$  y  $F'c = 173.49 \text{ kg/cm}^2$ , esta losa fue diseñada con una resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  según el expediente técnico.

Fotografía N° 09



Descripción: la foto muestra ensayo de Diamantina, perforación que se hace utilizando una broca diamantada para perforar el concreto obteniendo un testigo de la misma, el cual es extraído, registrado y colocado en cajas porta-testigos para debida protección y almacenamiento

Fuente: elaboración propia, 2014

Fotografía N° 10



Descripción: la foto muestra la obtención del testigo producto de la perforación de 10.10 cm de diámetro y 19cm de altura.

Fuente: elaboración propia, 2014

#### 3.4.8.- Diseño de Mezcla.

Con los resultados y ensayos obtenidos anteriormente, se procede a efectuar un diseño de mezcla cuyo contenido es la siguiente:

#### DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

**Proyecto** : Tesis de maestría

**Obra** : "Producción de agregados reciclados de los residuos de la construcción y demolición para la producción de concretos hidráulicos en la ciudad de Juliaca"

**Solicitante** : Ing. Fritz Willy Mamani Apaza

**Cantera** : Isla (agregado fino)

Material reciclado (agregado grueso)

**Ubicación** : ISLA





**Fecha:** 14 de octubre del 2014

**Proceso de Diseño:** Normas ACI 211.1.74, ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión  $F'c = 210$  Kg./cm.<sup>2</sup> a los 28 días, entonces la resistencia promedio  $F'cr = 294$  Kg./cm.<sup>2</sup>

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 4" a 6" (106.16 mm. A 152,40 mm.). Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: 3/4" (19.05mm)

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- 1.- El asentamiento dado es de 4" a 6" (106,16 mm. A 152,40 mm.).
- 2.- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal: 3/4" (19.05mm)
- 3.- Puesto que no se utilizara incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 200 Lt/m<sup>3</sup>.
- 4.- Como el concreto no estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2.0 %
- 5.- Como se prevé que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces la relación agua/cemento (a/c) será de: 0.55.
- 6.- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:  $(200 \text{ Lt/m}^3) / (0.55) = 364 \text{ kg/m}^3$ .
- 7.- De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.22 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1228



Kg/m<sup>3</sup> y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" se recomienda el uso de 0.58 m<sup>3</sup> de agregado grueso por m<sup>3</sup> de concreto.

Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.58) * (1228) = 712 \text{ kg/m}^3.$$

8.- Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m<sup>3</sup> de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación. Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

Volumen absoluto de agua	= (200) / (1000)	= 0.200
Volumen Absoluto de cemento	= (364) / (2.88*1000)	= 0.126
Volumen abs. de agregado grueso	= (712) / (2.44*1000)	= 0.291
Volumen de aire Atrapado	= (2.0) / (100)	= <u>0.020</u>
Volumen sub total	=	= 0.638

Por tanto el peso requerido de arena seca será de:

$$(1.000 - 0.638) = 0.362 \text{ m}^3$$

$$(0.362) * (2.51) * 1000 = 910 \text{ kg/m}^3$$

9.- De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

$$\text{Agregado grueso húmedo} \quad (712) * (1.122937) = 800 \text{ Kg}$$

$$\text{Agregado Fino húmedo} \quad (910) * (1.0407) = 947 \text{ Kg}$$

10.- El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$200 - 712 * (12.29 - 10.8)/100 - 910 (4.07 - 4.06)/100 = 190$$

Entonces se tiene la siguiente dosificación:

#### Dosificación por peso:

Cemento portland tipo I : 42.50 kg

Agregado fino húmedo : 110.64 kg

Agregado grueso húmedo : 93.44 kg

Agua efectiva : 22.15 kg

#### Dosificación por tandas

Para mezcladora de 9 pies<sup>3</sup>

1.0 bolsa de cemento:	Redondeo
2.39 p3 de Arena	2.4 p3 de Arena
3.00 p3 de Grava	3.0 p3 de Grava
22 Lt de Agua	22 Lt de Agua

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem **dosificación por tandas**.

\* Se deberá de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

**Observaciones:** la muestra fue puesta en el laboratorio por el solicitante.

### 3.5.- PRODUCCIÓN DEL CONCRETO.

Teniendo los datos por los ensayos y pruebas anteriormente señaladas, se procede a la producción de concreto según el diseño de mezclas y los materiales tratados. Este proceso tiene la siguiente secuencia:

#### 3.5.1.- Vaciado y moldeo del concreto

Esta etapa referida a producir el concreto con la ayuda de una mezcladora de 9 p3 y teniendo cuidado en los pesos de los materiales que intervienen de acuerdo al diseño de mezclas en lo referente a la dosificación por peso.

Por recomendación de los técnicos del laboratorio y el asesor de la tesis, se realiza 3 combinaciones de la dosificación por peso en lo referente al agregado grueso de la siguiente manera:

Cuadro N° 01

#### COMBINACION y DOSIFICACIÓN POR PESO (kg)

N°	Cemento	A.F	Agregado Grueso		Agua
			A.G.R.	A.G.N.	
1	42.50	110.64	93.44 (100%)	0.00 (0%)	22.15
2	42.50	110.64	74.75 (80%)	18.69 (20%)	22.15
3	42.50	110.64	46.72 (50%)	46.72 (50%)	22.15

Fuente: Elaboración propia, 2014

A.G.R. = Agregado Grueso Reciclado

A.G.N = Agregado Grueso Natural

A.F. = Agregado Fino

En el presente cuadro N° 01 se puede identificar 3 combinaciones:

1.- Es idéntica al diseño de mezcla con 100% de agregado grueso artificial

2.- Esta combinación involucra 80% de Agregado Grueso Reciclado y 20% de Agregado Grueso Natural.

3.- Por último se tiene una combinación de 50% Agregado Grueso Reciclado y 50% de Agregado Grueso Natural.

En todas las combinaciones se afectó solo al agregado grueso, esto para analizar el comportamiento del concreto.

El agregado fino es siempre natural por lo que su valor no varía en todas las combinaciones al igual que el cemento y agua.

Al producir concretos hidráulicos nuevos se moldearon 27 briquetas para su análisis posterior, es decir 9 briquetas para cada combinación.

Fotografía N° 11



Descripción: la foto muestra la elaboración de concreto con una mezcladora de 9 p3

Fuente: elaboración propia, 2014.

### 3.5.2.- Curado del concreto.

Para obtener las propiedades potenciales que se esperan del concreto, en particular en la zona superficial, es necesario curar y proteger el concreto fresco durante 28 días. El curado y la protección deben comenzar a las 24 horas del vaciado y, en todos los casos, antes de que la superficie haya tenido tiempo de secarse. El curado tiene por objeto evitar un secado prematuro, especialmente bajo la acción de los rayos del sol y del viento.

Fotografía N° 12



Descripción: la foto muestra el curado del concreto a temperatura ambiente de 10°C, el agua usado es potable limpia y por 28 días

Fuente: elaboración propia, 2014



La protección tiene por objetivo evitar la lixiviación por las aguas pluviales y las corrientes de agua, el enfriamiento demasiado rápido durante los primeros días después de la ejecución, evitar diferencias importantes de temperaturas internas, baja temperatura o gel, vibraciones y choques que puedan dislocar el concreto, o dañar su adherencia al refuerzo.

Las briquetas elaboradas en nuestra investigación tendrán un curado de la forma sumergida en agua potable, para luego someterlos a la prueba de la resistencia a la compresión a los 3, 7, 14, 21 y 28 días.

### **3.5.3.- Resistencia a la compresión.**

La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que se emplean para diseñar edificios y otras estructuras.

La resistencia a la compresión se mide tomando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, en tanto la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada en el diseño de mezcla.

Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras, para programar las operaciones de construcción, tales

como remoción de cimbras o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura. En nuestro caso de investigación servirá para demostrar que el diseño y pruebas son aceptables para la producción de concretos con agregado reciclado.

Los cilindros sometidos a ensayo de aceptación y control de calidad se elaboran y curan siguiendo los procedimientos descritos en probetas curadas de manera estándar según la norma NTP 339.034.

Fotografía N° 13



Descripción: la foto muestra el ensayo de resistencia a la compresión.

Fuente: elaboración propia, 2014

La prueba de resistencia a la compresión se realizó en varias etapas cuyos resultados y análisis se presentaran en el siguiente capítulo.





## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo contiene al análisis de todos los resultados que se obtuvieron a lo largo de la elaboración de la tesis, resumida en cuadros y gráficos que prueban las hipótesis planteadas.

Cada análisis y resultados que se presentan tienen una conclusión aceptable para la investigación científica y lo presentamos de la siguiente manera:

#### 4.1.- RESULTADOS OBTENIDOS

Todos los resultados de los ensayos y pruebas se verán resumidos en los siguientes cuadros y gráficos:

##### 4.1.1.- Granulometría

El análisis granulométrico se realizó en forma separada del agregado grueso que es reciclado y el agregado fino que es natural, según el ensayo estos agregados muestran una granulometría aceptable para el diseño de mezclas, es necesario indicar que el agregado grueso (reciclado) fue seleccionado y tuvo un proceso de tratamiento que incluye un triturado controlado con la finalidad de tener una adecuada granulometría.



En el caso del agregado grueso (grafico N° 01), si bien es cierto que la curva granulométrica no se encuentra dentro de los límites de un agregado ideal, se considera este material como aceptable para un diseño de mezcla, en el caso del agregado fino (grafico N° 02), este si se presenta como un material adecuado porque se encuentra más cerca de los límites de un material ideal.

#### 4.1.2.- Propiedades físicas de los agregados.

Luego de una serie de ensayos en el laboratorio se tiene los siguientes resultados de los agregados.

Cuadro N° 02

#### PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS SEGÚN ENSAYO EN LABORATORIO

Características Físicas	Agregado grueso (Reciclado)	Agregado Fino (Natural)
Peso Especifico	2.44	2.51
P.U. Varillado	1228	1652
P.U. Suelto	1100	1638
% de Absorción	10.84	4.06
% de Humedad Natural	12.29	4.07
Módulo de Fineza	-	3.22

Fuente: Certificado de pruebas de laboratorio, 2014

En cuadro N° 02 representa los resultados obtenidos de un proceso de ensayos y pruebas a los que se ha sometido los agregados en el laboratorio de mecánica de suelos, estos resultados servirán para el diseño de mezcla en la producción de concretos hidráulicos nuevos. Los resultados del agregado fino son comunes en la vida profesional, sin

embargo los resultados del agregado grueso son diferentes a lo tradicional el cual amerita un análisis. El porcentaje de absorción y humedad son altos porque el agregado grueso reciclado fue saturado por varios días.

#### 4.1.3.- Resistencia a la compresión Diamantina

Se ha efectuado un ensayo de perforación diamantina a la losa antes de su demolición de donde se obtuvo el agregado grueso reciclado y luego de la prueba de su resistencia a la compresión se tiene los siguientes resultados mostrados en el cuadro N° 03.

Cuadro N° 03

#### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAMANTINA DE LA LOSA DE CONCRETO

N°	Descripción de la Muestra	Rotura	F'c	Fecha	Fecha	Edad	%
		Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Vaciado	Rotura	días	
1	Briqueta 10.10x19cm	189.47	210.00	20/05/2000	02/10/2014	5248	90.22
2	Briqueta 10.10x19cm	199.95	210.00	20/05/2000	02/10/2014	5248	95.21
3	Briqueta 10.10x19cm	217.55	210.00	20/05/2000	02/10/2014	5248	103.59
4	Briqueta 10.10x19cm	173.49	210.00	20/05/2000	02/10/2014	5248	82.61

Fuente: Certificado de pruebas de laboratorio, 2014

El ensayo se realizó en cuatro puntos diferentes, utilizando un perforador diamantina y obtener muestras cilíndricas para someterlo a la prensa hidráulica y encontrar la resistencia a la compresión a las cuatro muestras que en promedio se obtuvo como resultado 195.115 kg/cm<sup>2</sup>, esto nos indica que el diseño de mezcla al momento de vaciado de la losa fue de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Este dato nos sirve para el diseño de mezcla del concreto nuevo con agregado reciclado.

#### 4.1.4.- Dosificación en el diseño de mezclas.

El diseño de mezclas realizado con el agregado grueso reciclado tratado y agregado fino natural, tiene el siguiente resultado según el cuadro N° 04 siguiente:

Cuadro N° 04

#### DOSIFICACIÓN POR PESO Y POR TANDAS

Material	Peso	Tandas
Cemento	42.50 Kg	1.0 Bolsa
Agregado fino	110.64 Kg	2.4 p3
Agregado grueso (reciclado)	93.44 Kg	3.0 p3
Agua	22.15 Kg	22 litros

Fuente: Certificado de pruebas de laboratorio, 2014

El cuadro N° 04 resume la dosificación de los materiales para el mezclado en la producción de concreto tanto en peso como en tandas, esta dosificación es muy práctica cuando se va a usar una mezcladora de 9 p3 para una bolsa de cemento, en muchos casos se usa por peso y en otras por tandas. En nuestra investigación se usó la mezcla con la dosificación por peso.

#### 4.1.5.- Resistencia a la compresión

Una vez realizado la mezcla de materiales y producir el concreto nuevo, estos son moldeado en briquetas de 15 x 30 cm según la NTP 400, para luego curarlo al sumergirlos en agua, después de varios días y en forma secuencial las briquetas son sometidas a la prueba de resistencia a la compresión cuyos resultados están en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 05

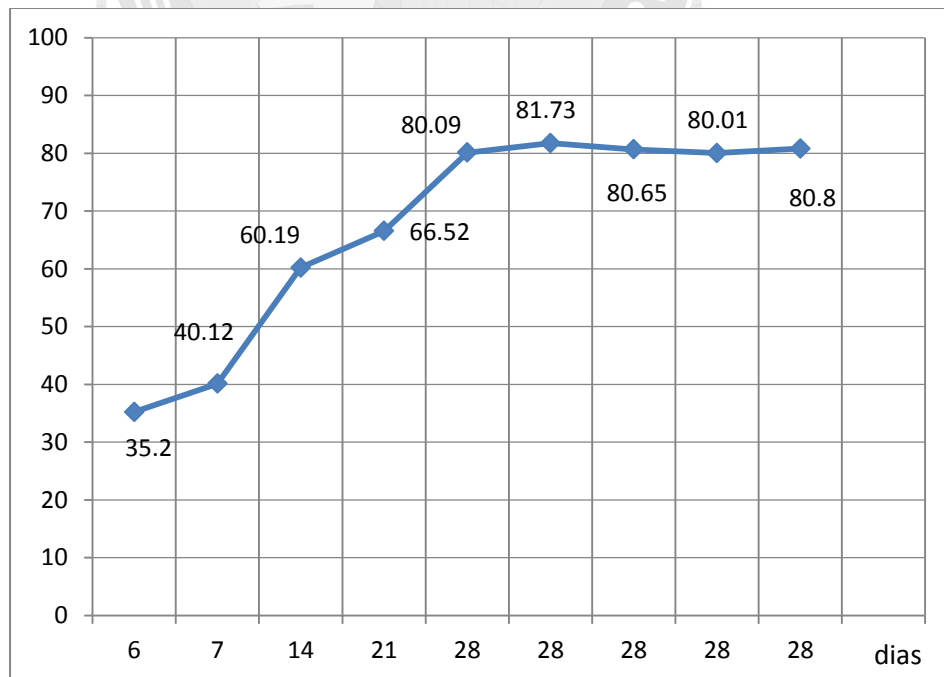
**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
**COMBINACIÓN 01: 100% AGR, 0% AGN**

N°	Descripción de la Muestra	Rotura	F'c	Fecha	Fecha	Edad	%
		Kg/cm2	Kg/cm2	Vaciado	Rotura	días	
1	Briqueta15x30cm	73.93	210.00	15/10/2014	21/10/2014	6	35.20
2	Briqueta15x30cm	84.26	210.00	15/10/2014	22/10/2014	7	40.12
3	Briqueta15x30cm	126.39	210.00	15/10/2014	29/10/2014	14	60.19
4	Briqueta15x30cm	139.68	210.00	15/10/2014	05/11/2014	21	66.52
5	Briqueta15x30cm	168.19	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	80.09
6	Briqueta15x30cm	171.64	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	81.73
7	Briqueta15x30cm	169.37	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	80.65
8	Briqueta15x30cm	168.02	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	80.01
9	Briqueta15x30cm	169.67	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	80.80

Fuente: Certificado de pruebas de laboratorio, 2015

Grafico N° 03

**PROGRESO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)**



Fuente: Elaboración propia , 2015

Cuadro N° 06

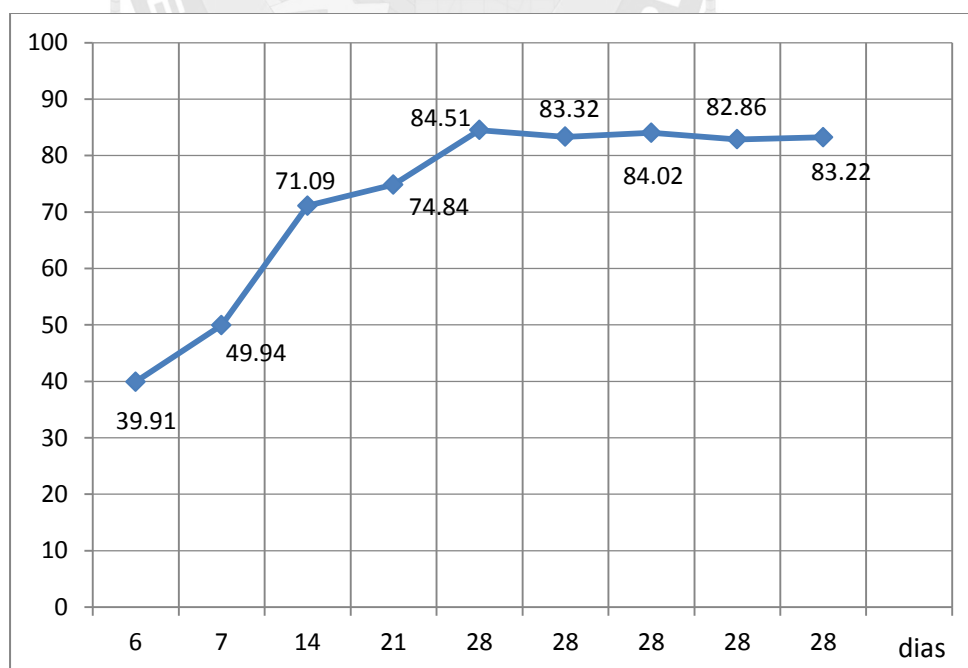
**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
**COMBINACIÓN 02: 80% AGR, 20% AGN**

N°	Descripción de la Muestra	Rotura	F'c	Fecha	Fecha	Edad	%
		Kg/cm2	Kg/cm2	Vaciado	Rotura	días	
1	Briqueta15x30cm	83.81	210.00	15/10/2014	21/10/2014	6	39.91
2	Briqueta15x30cm	104.88	210.00	15/10/2014	22/10/2014	7	49.94
3	Briqueta15x30cm	149.30	210.00	15/10/2014	29/10/2014	14	71.09
4	Briqueta15x30cm	157.17	210.00	15/10/2014	05/11/2014	21	74.84
5	Briqueta15x30cm	177.47	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	84.51
6	Briqueta15x30cm	174.97	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	83.32
7	Briqueta15x30cm	176.45	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	84.02
8	Briqueta15x30cm	174.00	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	82.86
9	Briqueta15x30cm	174.75	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	83.22

Fuente: Certificado de pruebas de laboratorio, 2015

Grafico N° 04

**PROGRESO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)**



Fuente: Elaboración propia FMA, 2015

Cuadro N° 07

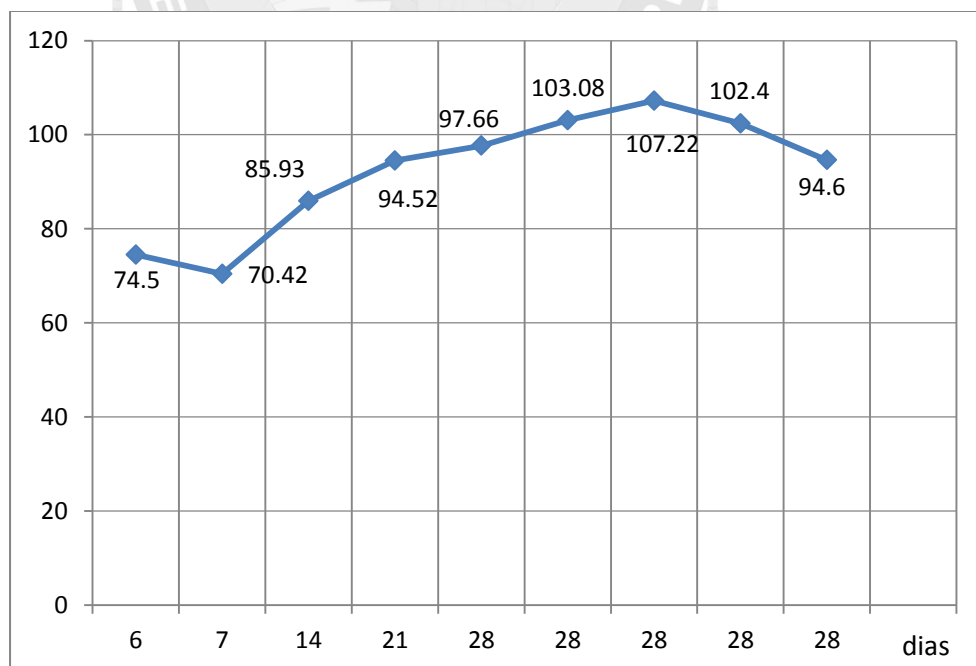
**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
**COMBINACIÓN 03: 50% AGR, 50% AGN**

N°	Descripción de la Muestra	Rotura	F'c	Fecha	Fecha	Edad	%
		Kg/cm2	Kg/cm2	Vaciado	Rotura	días	
1	Briqueta15x30cm	156.46	210.00	15/10/2014	21/10/2014	6	74.50
2	Briqueta15x30cm	147.88	210.00	15/10/2014	22/10/2014	7	70.42
3	Briqueta15x30cm	180.46	210.00	15/10/2014	29/10/2014	14	85.93
4	Briqueta15x30cm	198.49	210.00	15/10/2014	05/11/2014	21	94.52
5	Briqueta15x30cm	205.82	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	97.66
6	Briqueta15x30cm	216.46	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	103.08
7	Briqueta15x30cm	225.16	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	107.22
8	Briqueta15x30cm	215.03	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	102.40
9	Briqueta15x30cm	198.66	210.00	15/10/2014	12/11/2014	28	94.60

Fuente: Certificado de pruebas de laboratorio, 2015

Grafico N° 05

**PROGRESO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)**



Fuente: Elaboración propia FMA, 2015





## 4.2.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS-

En los cuadros N° 05, 06 y 07 y los gráficos N° 03, 04 y 05 existen varias combinaciones de Agregado Grueso Reciclado (AGR) y Agregado Grueso Natural (AGN).

El cuadro N°05 y gráfico N°03 representa la combinación 01: 100% AGR y 0% AGN, los resultados en esta combinación demuestran un ascenso de la resistencia expresado en porcentaje en relación a los días de la rotura, efectuado los ensayos a los 28 días se muestra que la resistencia máxima a la que llegó fue de 171.64 kg/cm<sup>2</sup> que representa el 81.73%. Este resultado nos demuestra que el concreto nuevo obtenido no alcanzó a la resistencia esperada de 210 kg/cm<sup>2</sup> sin embargo es un concreto aceptable para elementos estructurales como sobrecimientos en edificaciones, columnas y vigas en cercos perimétricos, veredas, entre otros considerando que fue elaborado con agregado reciclado y equipo de mezcla que ocasiona desperdicios.

El cuadro N°06 y gráfico N°04 es referida a la combinación 02: 80% AGR y 20% AGN, los resultados indican que la máxima resistencia llegada es de 177.47 Kg/cm que representa el 84.51%, este dato es mayor a la combinación anterior lo que significa que al mezclar con agregado grueso natural el concreto mejora pero aun así no llega a la resistencia esperada.

Por último El cuadro N°07 y gráfico N°05 muestra la combinación 03: 50% AGR y 50% AGN, es decir la mezcla es a la mitad de estos agregados, obtenidos los resultados encontramos que la resistencia mayor es de 225.16 kg/cm<sup>2</sup> que representa el 107.22%, se puede observar que en esta

combinación la resistencia sobrepasa al diseño inicial lo que nos demuestra que se puede usar este concreto en elementos estructurales importantes de una edificación.

Cuadro N° 08

**CUADRO COMPARATIVO DE LAS COMBINACIONES  
SEGÚN LA EDAD DE ROTURA**

N°	Edad Días	Combinación 01		Combinación 02		Combinación 03	
		Kg/cm <sup>2</sup>	%	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Kg/cm <sup>2</sup>	%
1	6	73.93	35.20	83.81	39.91	156.46	74.50
2	7	84.26	40.12	104.88	49.94	147.88	70.42
3	14	126.39	60.19	149.30	71.09	180.46	85.93
4	21	139.68	66.52	157.17	74.84	198.49	94.52
5	28	168.19	80.09	177.47	84.51	205.82	97.66
6	28	171.64	81.73	174.97	83.32	216.46	103.08
7	28	169.37	80.65	176.45	84.02	225.16	107.22
8	28	168.02	80.01	174.00	82.86	215.03	102.40
9	28	169.67	80.80	174.75	83.22	198.66	94.60

Fuente: elaboración propia, 2015

El cuadro N° 08 representa un cuadro resumen comparativo de las 03 combinaciones, se muestra la resistencia a la compresión y los porcentajes a los que alcanzaron según la edad de rotura.



## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** los desechos de la losa de concreto de donde se obtuvo el agregado reciclado ha sido sometido a un proceso de selección, si bien es cierto que todo los materiales desechos pueden ser reciclados como es acero, vidrio, albañilería, madera y otros, para nuestra investigación se ha seleccionado solo los residuos de concreto.

**SEGUNDA:** Los residuos de la demolición seleccionada convertidos ahora en agregados reciclados, ha sido sometido a un mecanismo de tratamiento: desde el triturado manual, lavado, triturado mecánico, clasificación y ensayos en el laboratorio, por medio de este procedimiento se logró mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los mismos para elaborar concretos hidráulicos nuevos.

**TERCERA:** Los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de concretos con agregados reciclados en sus diferentes combinaciones demuestran que es posible usar estos concretos en elementos estructurales, la combinación 01 alcanzó al 81.73%, la combinación 02 alcanzó al 84.51% y la combinación 03 alcanzó al 107.22%.



## SUGERENCIAS

**PRIMERA:** Una recomendación principal que se plantea es que se pueden hacer próximas investigaciones utilizando aditivos naturales o artificiales que mejoren las características de los concretos con agregados reciclados.

**SEGUNDA:** En este proceso de tratamiento de los agregados reciclados se ha utilizado una trituradora de mandíbula pequeña; para reducir costos se sugiere usar equipos industriales de gran capacidad y producir en masa.

**TERCERA:** En esta investigación se ha utilizado residuos de la demolición procedentes de concreto, se sugiere hacer otras investigaciones que involucren otros residuos como son: albañilería, acero, cerámica, entre otros.

**CUARTA:** En la producción del concreto se utilizó una mezcladora de 9 p3, la dosificación utilizada fue por peso, sin embargo en el mundo de la construcción se usa la dosificación por tandas, por lo que se recomienda encontrar un mecanismo que se pueda aplicar esta dosificación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **ABANTO, F.** (2006). Tecnología del Concreto. 1ra Ed. Lima: Editorial San Marcos.
2. **ARNAIZ, L.** (1976). Análisis Tipológico de Sistemas de Construcción. 1ra Ed. Madrid: Ediciones del Castillo.
3. **ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DEL CONCRETO (2000).** Instituto del concreto. Tecnología y propiedades, 2da Ed. Colombia: Impreso en Colombia.
4. **ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.** (2011). Guía española de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD), 1ra Ed. España: Editorial Madrid.
5. **BARES, R.** (1981). Tablas para el cálculo de placas y vigas pared. 2da Ed. Barcelona: Editorial Gustravo Gilli.
6. **BERNAL, J.** (2005). Hormigón Armado – Zapatas. 1ra Ed. Buenos Aires: Editorial Nobuko.
7. **BERNAL, J.** (2005). Hormigón Armado – Losas. 1ra Ed. Buenos Aires: Editorial Nobuko.
8. **BERNAL, J.** (2005). Hormigón Armado – Columnas. 1ra ed. Buenos Aires: Editorial Nobuko.
9. **CALAVERA, J.** (1999). Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón. 2da Ed. Madrid: Instituto técnico de materiales y construcción.



10. **CALLEJA, J.** (1996). Recomendaciones para la utilización de los Cementos de la norma UNE. 1ra Ed. Lima: Editorial IECA.
11. **CASSINELLO, F.** (1996). Construcción: Hormigonera. 1ra Ed. Madrid: Editorial Rueda.
12. **CASSINELLO, F.** (1995). Construcciones Hormigoneras, 1ra Ed. Madrid: Editorial Ruela.
13. **COMISIÓN DE REGLAMENTOS TÉCNICOS Y COMERCIALES-INDECOPI.** (1999). Norma Técnica Peruana NTP 400.050. 1ra Edición. Lima: Editorial Lima.
14. **FERNANDES, J. (1974).** Prefabricación, teoría y práctica, seminario de prefabricación. 1ra Ed. Barcelona; Editores Técnicos Asociados.
15. **GERRIN, A. LAVAU, R.C.** (1978). Hormigón Armado. 1ra Ed. Barcelona. Barcelona: Editorial editores técnicos asociados.
16. **GONZALES, F.** (2004). Manual de Supervisión de obras de Concreto. 2da Ed. México: Editorial Limusa.
17. **GONZALES, O. y ROBLES, F.** (1995). Aspectos fundamentales del concreto reforzado. 3ra Ed. México: Editorial Limusa.
18. **HARMSER, T.** (2005). Diseño de Estructuras de Concreto Armado. 4ta Ed. Lima: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
19. **HOMBOSTEL, C.** (1999). Materiales para Construcción. 1ra Edición. Barcelona: Editorial Alamex.
20. **INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM.** (2001). Manual de Tecnología del concreto. 1ra Ed. México: Limusa Noriega editores.
21. **JIMÉNEZ, P.** (1987). Hormigón Armado. 1ra Ed, Tomo I. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A.



22. **KONEZ, T.** (1978). Manual de la Construcción prefabricada. Tomo I 2da Edición. Madrid; Editorial Blume.
23. **LOVE, T.W.** (1996). El concreto en la construcción. 1ra Ed. México: Editorial Trillas.
24. **LOPEZ, R.** (1986). Tendencias Arquitectónicas y caos urbano en latinoamericana. 1ra Ed. México; Editorial Gustavo Gili.
25. **MATTHEIB, J.** (1980). Hormigón Armado. 1ra Ed. Madrid: Editorial Reverte.
26. **MERRIT, F.** (1992). Manual del Ingeniero Civil. 3ra Edición. México: Editorial McGraw.
27. **MENA, M.** (1994). Manual de tecnología del Concreto, definición y requisitos de los componentes del concreto. 1ra Ed. México: Editorial comisión federal de electricidad.
28. **MURDORCK, J.** (2001). Elaboración de Concreto y sus aplicaciones, 1ra ed. México: Editorial Continental.
29. **MURCIA, J.** (1993). Hormigón armado y pretensado. 1ra Ed. Madrid; Ediciones U.P.C.
30. **PASQUEL, C.** (2000). Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. 1ra Ed. Lima: Editorial Capítulo de Ing. Civil.
31. **PEREZ, V.** (2000). Materiales y Procedimientos de Construcción. 1ra Ed. México: Editorial Trillas.
32. **PERLES, P.** (2009). Hormigón Armado. 1ra Ed. Buenos Aires: Editorial Nobuko.
33. **REGAL, A.** (1998). Materiales de Construcción. 1ra Ed. Lima: Editorial UNI.



34. **RIVVA, L.** (1997). Tecnología del Concreto, 1ra Ed. Lima: Edit. P. A. Ing. Civil UNI.
35. **SANCHEZ DE GUZMAN, D.** (2001). Tecnología del Concreto y del Mortero. 5ta Ed. Bogotá: Bhandar Editores Ltda.
36. **TOBAR, L.** (1995). Cimientos estructuras cerramiento. 1ra Ed. Bogotá: Editorial Escala.
37. **URBAN, P.** (2006). Construcción de Estructuras de Hormigón Armado. 1ra Ed. Lima: Editorial Club Universitario.
38. **WADDELL, J. y DOBROWOLSKI, J.** (1997). Manual de la Construcción con Hormigón. 3ra Edición. México: Editorial McGraw.
39. **WHITE, R.** (1980). Ingeniería Estructural. 1ra Ed. México: Editorial Limusa.
40. **WINTER, G. y NILSON, A.H.** (2002). Proyecto de estructuras de hormigón. 1ra Ed. Madrid: Editorial Reverte.







UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DIAMANTINA**

ASTM C 17 - ASTM C 192

PROYECTO : TESIS DE MAESTRIA  
TEMA : "PRODUCCION DE AGREGADOS RECICLADOS DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION PARA LA PRODUCCION DE CONCRETOS HIDRAULICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA"  
SOLICITANTE : Ing. FRITZ WILLY MAMANI APAZA  
FECHA : 02 DE OCTUBRE DEL 2014

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA 10.10 x 19.0 cm M - 1	15180.00	10.10	80.12	189.47	210	20/05/2000	02/10/2014	5248	90.22%
2	BRIQUETA DE PRUEBA 10.10 x 19.0 cm M - 2	16020.00	10.10	80.12	199.95	210	20/05/2000	02/10/2014	5248	95.21%
3	BRIQUETA DE PRUEBA 10.10 x 19.0 cm M - 3	17430.00	10.10	80.12	217.55	210	20/05/2000	02/10/2014	5248	103.59%
4	BRIQUETA DE PRUEBA 10.10 x 19.0 cm M - 4	13900.00	10.10	80.12	173.49	210	20/05/2000	02/10/2014	5248	82.61%

**OBSERVACIONES:**

LAS MUESTRAS FUERON EXTRAÍDAS DE LA LOSA POR EL PERSONAL DE LABORATORIO DE SUELOS

UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
Laboratorio  
M. S. C. A.  
JEFATURA  
Ing. Wilfredo David Supo pascari  
Especialista en Geotecnia y Pavimentos  
CIP. 72712



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS DE MAESTRIA  
TEMA : "PRODUCCION DE AGREGADOS RECICLADOS DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION PARA LA PRODUCCION DE CONCRETOS HIDRAULICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA"  
SOLICITANTE : Ing. FRITZ WILLY MAMANI APAZA  
CANTERA : ISLA (AGREGADO FINO)  
MATERIAL RECICLADO (AGREGADO GRUESO)  
UBICACIÓN : ISLA  
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2014

**ANALISIS MECANICO Y PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS**

**ARENA**

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Especifico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno = 480.50
N° 4	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) = 500.00
N° 8	108.29	21.66	21.66	78.34	Wc	-Peso del picnómetro con agua = 1272.90
N° 16	119.18	23.84	45.49	54.51	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1573.77
N° 30	116.66	23.33	68.83	31.17	<b>PESO ESPECIFICO</b>	
N° 50	113.83	22.77	91.59	8.41	Wc+B =	1773
N° 100	16.08	3.22	94.81	5.19	Wc+B-W =	199
N° 200	23.12	4.62	99.43	0.57	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2.51$
FONDO	2.84	0.57	100.00	0.00	<b>ABSORCION</b>	
SUMA	500.00	100.00			B =	500.00
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico					Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 4.06$
Mf = MODULO DE FINEZA					3.22	

**PIEDRA**

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Especifico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100	A	-Peso de muestra secada al horno = 721.79
1 1/2"	59	1.69	1.69	98.31	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) = 800.00
1"	198	5.66	7.34	92.66	Wc	-Peso del picnómetro con agua = 1272.90
3/4"	664	18.97	26.31	73.69	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1745.41
1/2"	1076	30.74	57.06	42.94	<b>PESO ESPECIFICO</b>	
3/8"	571	16.31	73.37	26.63	Wc+B =	2073
1/4"					Wc+B-W =	327
N° 4	908	25.94	99.31	0.69	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2.44$
FONDO	24.00	0.69	100.00	0.00	<b>ABSORCION</b>	
SUMA	3500.00	100.00			B =	800.00
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico					Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 10.84$

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
Ing. Wilfredo David Supo pacori  
Especialista en Geotecnia y Pavimentos  
DIP. 72712



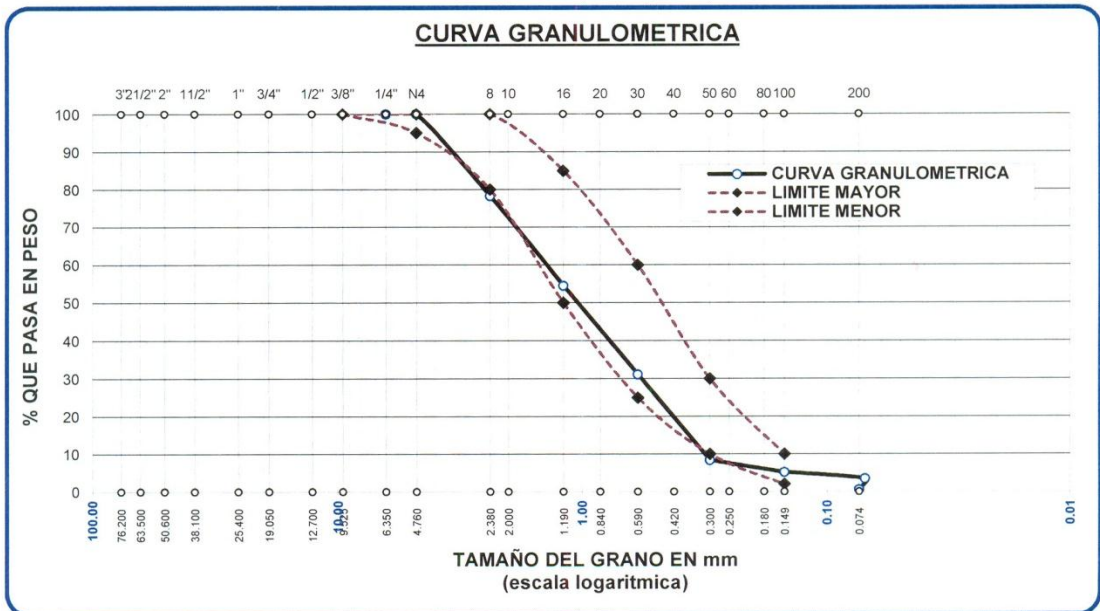
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

PROYECTO : TESIS DE MAESTRIA
TEMA : "PRODUCCION DE AGREGADOS RECICLADOS DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION PARA LA PRODUCCION DE CONCRETOS HIDRAULICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA"
SOLICITANTE : Ing. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
CANTERA : ISLA (AGREGADO FINO)
MATERIAL RECICLADO (AGREGADO GRUESO)
UBICACIÓN : ISLA
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2014

Table with 8 columns: TAMICES ASTM, ABERTURA mm, PESO RETENIDO, % RETENIDO, %RET. ACUMULADO, % QUE PASA, ESPECIF., DESCRIPCION DE LA MUESTRA. Includes data for various sieve sizes and summary rows for BASE, TOTAL, and % PERDIDA.



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICPI
CAP INGENIERIA CIVIL
Ing. Wilfredo David Supo pacori
Especialista en Geotecnia y Pavimentos
CIP. 72712



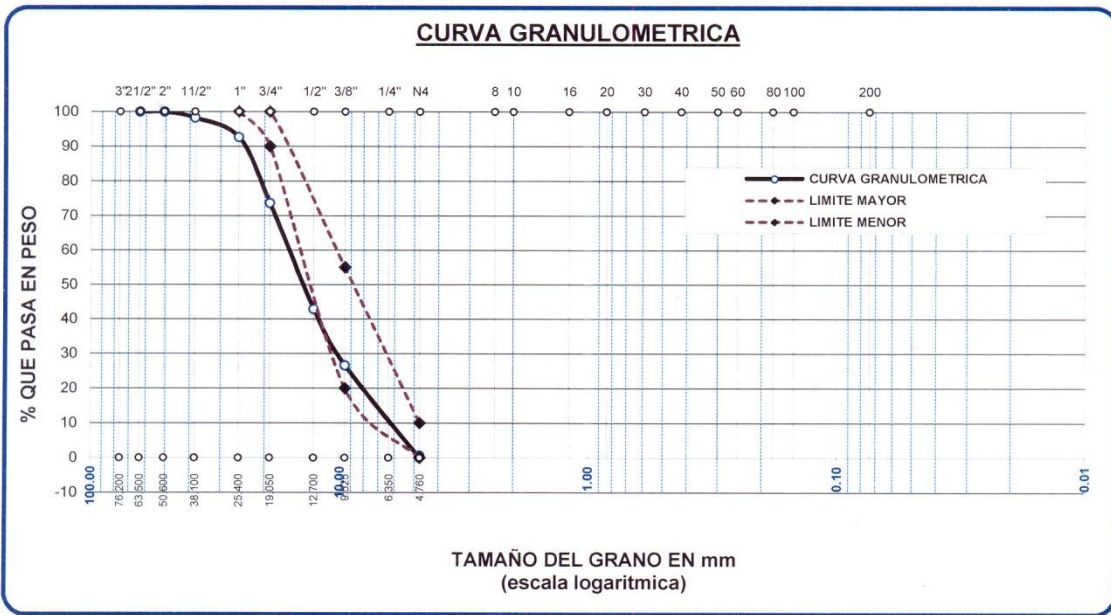
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

PROYECTO : TESIS DE MAESTRIA
TEMA : "PRODUCCION DE AGREGADOS RECICLADOS DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION PARA LA PRODUCCION DE CONCRETOS HIDRAULICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA"
SOLICITANTE : Ing. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
CANTERA : ISLA (AGREGADO FINO)
MATERIAL RECICLADO (AGREGADO GRUESO)
UBICACIÓN : ISLA
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2014

Table with 7 columns: TAMICES ASTM, ABERTURA mm, PESO RETENIDO, %RETENIDO PARCIAL, %RETENIDO ACUMULADO, % QUE PASA, ESPECIF., DESCRIPCION DE LA MUESTRA. Includes rows for sieve sizes from 3" to No4 and summary rows for BASE, TOTAL, and % PERDIDA.



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
Ing. Wilfredo David Supo Pacori
Especialista en Geotecnia y Pavimentos
CIP. 72712



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PROYECTO** : TESIS DE MAESTRIA  
**TEMA** : "PRODUCCION DE AGREGADOS RECICLADOS DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION PARA LA PRODUCCION DE CONCRETOS HIDRAULICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA"  
**SOLICITANTE** : Ing. FRITZ WILLY MAMANI APAZA  
**CANTERA** : ISLA (AGREGADO FINO)  
MATERIAL RECICLADO (AGREGADO GRUESO)  
**UBICACIÓN** : ISLA  
**FECHA** : 14 DE OCTUBRE DEL 2014

### CONTENIDO DE HUMEDAD

A. FINO	
P.T. M. HUM	589.86
P.T.M. SECA	570.32
P.TARRO	89.86
P AGUA	19.54
P.S.SECO	480.46
% HUMEDAD	4.07

A. GRUESO	
P.T. M. HUM	629.46
P.T.M. SECA	570.23
P.TARRO	88.44
P AGUA	59.23
P.S.SECO	481.79
% HUMEDAD	12.29

### PESOS UNITARIOS

#### AGREGADO FINO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9448	5939	2144	1636
9454	5939	2144	1639
9449	5939	2144	1637
			1638

#### AGREGADO GRUESO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
11512	7950	3251	1096
11538	7950	3251	1104
11525	7950	3251	1100
			1100

#### VARRILLADO

PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9477	5939	2144	1650
9478	5939	2144	1650
9488	5939	2144	1655
			1652

#### VARRILLADO

PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
11936	7950	3251	1226
11951	7950	3251	1231
11934	7950	3251	1226
			1228



UANCV - FICP  
CAP. INGENIERIA CIVIL

Ing. Wilfredo David Suño pacori  
Especialista en Geotecnia y Pavimentos  
CIP. 72712



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**DISEÑO DE MEZCLA F'c = 210 Kg./cm.<sup>2</sup>**

**PROYECTO** : TESIS DE MAESTRIA  
**OBRA** : "PRODUCCION DE AGREGADOS RECICLADOS DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION PARA LA PRODUCCION DE CONCRETOS HIDRAULICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA"  
**SOLICITANTE** : Ing. FRITZ WILLY MAMANI APAZA  
**CANTERA** : ISLA (AGREGADO FINO)  
MATERIAL RECICLADO (AGREGADO GRUESO)  
**UBICACIÓN** : ISLA  
**FECHA** : 14 DE OCTUBRE DEL 2014

**PROCESO DE DISEÑO:**

NORMAS: ACI 211.1.74  
ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = **210 Kg./cm.<sup>2</sup>** a los 28 días  
entonces la resistencia promedio F'cr = **294 Kg./cm.<sup>2</sup>**

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 4" a 6" (106.16 mm. A 152,40 mm.).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: **3/4"** (19.05mm)

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

CARACTERISTICAS FISICAS	AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREGADO FINO (ARENA)
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.44	2.51
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1228	1652
P.U. Suelto	1100	1638
% de Absorción	10.84	4.06
% de Humedad Natural	12.29	4.07
Modulo de Fineza	-	3.22

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- 1, El asentamiento dado es de 4" a 6" (106,16 mm. A 152,40 mm.).
- 2, Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nomir **3/4"** (19.05mm)
- 3, Puesto que no se utilizara incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: **200 Lt/m3**
- 4, Como el concreto no estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: **2.0 %**
- 5, Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: **0.55**
- 6, De acuerdo a la información obtenida en los items 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$( 200 \text{ Lt/m3} ) / ( 0.55 ) = 364 \text{ Kg/m3}$$



UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
Ing. Wilfredo David Supo Pacori  
Especialista en Geotecnia y Pavimentos  
C.I.P. 72712



- 7, De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.22 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1228 Kg/m<sup>3</sup> y un agregado grueso con tamaño máximo nominal 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.580 m<sup>3</sup> de agregado grueso por m<sup>3</sup> de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.58)(1228) = 712 \text{ Kg/m}^3$$

- 8, Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m<sup>3</sup> de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

Volúmen absoluto de agua	= ( 200 ) / ( 1000 )	= 0.200
Volúmen absoluto de cemento	= ( 364 ) / ( 2.88 * 1000 )	= 0.126
Volúmen absoluto de agregado grueso	= ( 712 ) / ( 2.44 * 1000 )	= 0.291
Volúmen de aire atrapado	= ( 2.0 ) / ( 100 )	= 0.020
Volúmen sub total	=	0.638

Volúmen absoluto de arena

Por tanto el peso requerido de arena seca será de: = ( 1.000 - 0.638 ) = 0.362 m<sup>3</sup>

$$(0.362)(2.51) * 1000 = 910 \text{ Kg/m}^3$$

- 9, De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

Agregado grueso húmedo ( 712 ) \* ( 1.122937 ) = 800 Kg.

Agregado Fino húmedo ( 910 ) \* ( 1.0407 ) = 947 Kg.

- 10, El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$200 - 712 * \left( \frac{12.29 - 10.8}{100} \right) - 910 \left( \frac{4.07 - 4.06}{100} \right) = 190$$

**DOSIFICACION**

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO	PROPORCION EN VOLUMEN	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO	PROPORCION EN VOLUMEN
	(Kg/m <sup>3</sup> )	PESO SECO	(Kg/m <sup>3</sup> )	PESO HUMEDO
Cemento	364	1.00	364	1.00
Agua	200	0.55	190	0.52
Agreg. Grueso	712	1.96	800	2.20
Agreg. Fino	910	2.50	947	2.60
Aire	2.0 %		2.0 %	

**8.56 BOLSAS / m<sup>3</sup> DE CEMENTO**

**DOSIFICACION POR PESO:**

Cemento	:	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	:	110.64 Kg.
Agregado grueso húmedo	:	93.44 Kg.
Agua efectiva	:	22.15 Kg.



UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL

Ing. Wilfredo David Supo patori  
Especialista en Geotecnia y Pavimentos  
G.I.P. 72712





**DOSIFICACION POR TANDAS:**

Para Mezcladora de 9 pies<sup>3</sup>

1.0 Bolsa de Cemento:	Redondeo
- 2.39 p3 de Arena	2.4 p3 de Arena
- 3.00 p3 de Grava	3.0 p3 de Grava
- 22 Lt de Agua	22 Lt de Agua

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS.

\* Se debera de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

**OBSERVACIONES:** LA MUESTRA FUE PUESTA EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UANCV - FIGP  
CAP INGENIERIA CIVIL

*Ing. Wilfredo David Supo Pacori*  
Especialista en Geotecnia y Pavimentos  
CIP. 72712



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

**PROYECTO** : TESIS DE MAESTRIA  
**TEMA** : "PRODUCCION DE AGREGADOS RECICLADOS DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION PARA LA PRODUCCION DE CONCRETOS HIDRAULICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA"  
**SOLICITANTE** : Ing. FRITZ WILLY MAMANI APAZA  
**CANTERA** : ISLA (AGREGADO FINO)  
 MATERIAL RECICLADO (AGREGADO GRUESO)  
**UBICACIÓN** : ISLA  
**FECHA** : 21 DE OCTUBRE DEL 2014

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA 15.13 x 30.0 cm	28130.00	15.13	179.79	156.46	210	15/10/2014	21/10/2014	6	74.50%
	50 % - 50%									
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm	14950.00	15.07	178.37	83.81	210	15/10/2014	21/10/2014	6	39.91%
	80 % - 20%									
4	BRIQUETA DE PRUEBA 14.94 x 30.0 cm	12960.00	14.94	175.3	73.93	210	15/10/2014	21/10/2014	6	35.20%
	100%									

**OBSERVACIONES :**

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
Laboratorio  
M. S. C. A.  
JEFATURA  
Ing. Wilfredo David Supo Pacori  
Especialista en Geotecnia y Pavimentos  
CIP. 72712



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**  
NTP 339.034

**PROYECTO** : TESIS DE MAESTRIA  
**TEMA** : "PRODUCCION DE AGREGADOS RECICLADOS DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION PARA LA PRODUCCION DE CONCRETOS HIDRAULICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA"  
**SOLICITANTE** : Ing. FRITZ WILLY MAMANI APAZA  
**CANTERA** : ISLA (AGREGADO FINO)  
MATERIAL RECICLADO (AGREGADO GRUESO)  
**UBICACIÓN** : ISLA  
**FECHA** : 22 DE OCTUBRE DEL 2014

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA 14.89 x 30.0 cm	25750.00	14.89	174.13	147.88	210	15/10/2014	22/10/2014	7	70.42%
	50 % - 50%									
3	BRIQUETA DE PRUEBA 14.84 x 30.0 cm	18140.00	14.84	172.96	104.88	210	15/10/2014	22/10/2014	7	49.94%
	80 % - 20%									
4	BRIQUETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm	14870.00	14.99	176.48	84.26	210	15/10/2014	22/10/2014	7	40.12%
	100%									

**OBSERVACIONES :**  
LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
Laboratorio M.S.C.A.  
JEFATURA  
Ing. Wilfredo David Supo Pacori  
Especialista en Geotecnia y Pavimentos  
CIP. 72712



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**  
NTP 339.034

**PROYECTO** : TESIS DE MAESTRIA  
**TEMA** : "PRODUCCION DE AGREGADOS RECICLADOS DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION PARA LA PRODUCCION DE CONCRETOS HIDRAULICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA"  
**SOLICITANTE** : Ing. FRITZ WILLY MAMANI APAZA  
**CANTERA** : ISLA (AGREGADO FINO)  
MATERIAL RECICLADO (AGREGADO GRUESO)  
**UBICACIÓN** : ISLA  
**FECHA** : 29 DE OCTUBRE DEL 2014

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	32060.00	15.04	177.66	180.46	210	15/10/2014	29/10/2014	14	85.93%
	50 % - 50%									
2	BRIQUETA DE PRUEBA 15.09 x 30.0 cm	26700.00	15.09	178.84	149.30	210	15/10/2014	29/10/2014	14	71.09%
	80 % - 20%									
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.88 x 30.0 cm	21980.00	14.88	173.9	126.39	210	15/10/2014	29/10/2014	14	60.19%
	100%									

**OBSERVACIONES :**  
LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FTCP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
Laboratorio  
M.S.C.A.  
JEFE DE AREA  
Ing. Wilfredo David Supo pacori  
Especialista en Geotecnia y Pavimentos  
CIP. 72712



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

**PROYECTO** : TESIS DE MAESTRIA  
**TEMA** : "PRODUCCION DE AGREGADOS RECICLADOS DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION PARA LA PRODUCCION DE CONCRETOS HIDRAULICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA"  
**SOLICITANTE** : Ing. FRITZ WILLY MAMANI APAZA  
**CANTERA** : ISLA (AGREGADO FINO)  
MATERIAL RECICLADO (AGREGADO GRUESO)  
**UBICACIÓN** : ISLA  
**FECHA** : 05 DE NOVIEMBRE DEL 2014

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	35170.00	15.02	177.19	198.49	210	15/10/2014	05/11/2014	21	94.52%
	50 % - 50 %									
1	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm	27700.00	14.98	176.24	157.17	210	15/10/2014	05/11/2014	21	74.84%
	80 % - 20 %									
1	BRIQUETA DE PRUEBA 14.95 x 30.0 cm	24520.00	14.95	175.54	139.68	210	15/10/2014	05/11/2014	21	66.52%
	100%									

**OBSERVACIONES :**

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.





UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**  
NTP 339.034

**PROYECTO** : TESIS DE MAESTRIA  
**TEMA** : "PRODUCCION DE AGREGADOS RECICLADOS DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION PARA LA PRODUCCION DE CONCRETOS HIDRAULICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA"  
**SOLICITANTE** : Ing. FRITZ WILLY MAMANI APAZA  
**CANTERA** : ISLA (AGREGADO FINO)  
MATERIAL RECICLADO (AGREGADO GRUESO)  
**UBICACIÓN** : ISLA  
**FECHA** : 11 DE NOVIEMBRE DEL 2014

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm	28350.00	14.65	168.56	168.19	210	15/10/2014	12/11/2014	28	80.09%
	100%									
1	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm	30250.00	14.98	176.24	171.64	210	15/10/2014	12/11/2014	28	81.73%
	100%									
2	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	30010.00	15.02	177.19	169.37	210	15/10/2014	12/11/2014	28	80.65%
	100%									
1	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm	30130.00	15.11	179.32	168.02	210	15/10/2014	12/11/2014	28	80.01%
	100%									
2	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	29150.00	14.79	171.8	169.67	210	15/10/2014	12/11/2014	28	80.80%
	100%									
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	31570.00	15.05	177.89	177.47	210	15/10/2014	12/11/2014	28	84.51%
	80 % - 20 %									
4	BRIQUETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm	31210.00	15.07	178.37	174.97	210	15/10/2014	12/11/2014	28	83.32%
	80 % - 20 %									
5	BRIQUETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm	31140.00	14.99	176.48	176.45	210	15/10/2014	12/11/2014	28	84.02%
	80 % - 20 %									
6	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm	30790.00	15.01	176.95	174.00	210	15/10/2014	12/11/2014	28	82.86%
	80 % - 20 %									
7	BRIQUETA DE PRUEBA 14.89 x 30.0 cm	30430.00	14.89	174.13	174.75	210	15/10/2014	12/11/2014	28	83.22%
	80 % - 20 %									
8	BRIQUETA DE PRUEBA 15.15 x 30.0 cm	36970.00	15.15	180.27	205.08	210	15/10/2014	12/11/2014	28	97.66%
	50 % - 50 %									
9	BRIQUETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm	38610.00	15.07	178.37	216.46	210	15/10/2014	12/11/2014	28	103.08%
	50 % - 50 %									



UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL

Ing. Wilfredo David Supo Pacari  
Especialista en Geotecnia y Pavimentos  
CIP. 72712



10	BRIQUETA DE PRUEBA 14.97 x 30.0 cm	39630.00	14.97	176.01	225.16	210	15/10/2014	12/11/2014	28	107.22%
	50 % - 50 %									
11	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm	38050.00	15.01	176.95	215.03	210	15/10/2014	12/11/2014	28	102.40%
	50 % - 50 %									
12	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	35200.00	15.02	177.19	198.66	210	15/10/2014	12/11/2014	28	94.60%
	50 % - 50 %									

**OBSERVACIONES :**

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
Laboratorio  
M. S. C. A.  
JEFATURA

Ing. Wilfredo David Supa Pacori  
Especialista en Geotecnia y Pavimentos  
CIP. 72712

JULIACA - JULIACA