

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN**



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS  
DE LOS AGREGADOS PARA EL USO EN EL DISEÑO DE  
CONCRETO  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  DE LA CANTERA SANTA ROSA -  
JAÉN**

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

*Presentado por:*

**BACHILLER: PÉREZ OLIVOS DIGSON GREY**

**ASESOR: Ing. HOYOS SAUCEDO MARCO**

**Jaén - Cajamarca - Perú**

**2014**

**COPYRYGHT © 2014 by**  
**DIGSON GREY PEREZ OLIVOS**  
**Todos los derechos reservados**

**A:**

Dios por darme salud, fuerzas para superar los obstáculos, y mejorar cada día. Al Ing. Marco Hoyos Saucedo, por darme el honor de contar con su asesoría, y sus conocimientos que me a brindado desinteresadamente en la realización de la presente Tesis.

A todas las personas que han colocado su granito de arena colaborando de la manera más humilde y desinteresada que me han llevado a obtener un gran éxito.

**A:**

Dios; por darme la oportunidad de terminar satisfactoriamente mi carrera siendo mi mejor forma de demostrarle mi gratitud, dedicándole el presente tesis de Ingeniería que es producto de las enseñanzas que nos ha dejado, inculcando en mi persona los valores de su palabra, que han conllevado a mi formación.

Mis padres; Sr. José Pérez Tapia, a mi madre Sra. Lenni Olivos Suarez, a mis Hermanos, a quienes les estaré eternamente agradecido por haber inculcado en mi sabias enseñanzas y porque gracias a su esfuerzo pude culminar mis estudio

## CONTENIDO

	<b>Páginas</b>
AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ABREVIACIONES.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 ANTECEDENTES TEORICOS.....	3
2.2 BASES TEÓRICAS.....	5
2.2.1 CEMENTOS PORTLAND.....	5
2.2.3 AGREGADOS (ARENA Y GRAVA).....	7
2.2.3.1 FINO (ARENA).....	7
2.2.3.1.1 Características generales, muestreo.....	7
2.2.3.1.2 Análisis granulométrico.....	7
2.2.3.1.3 Módulo de finura.....	8
2.2.3.1.4 Densidad relativa.....	9
2.2.3.1.5 Porciento de absorción.....	9
2.2.3.1.6 Contenido de humedad de la arena.....	10
2.2.3.1.7 Pesos volumétricos secos: suelto y compactado.....	11
2.2.3.2 AGREGADO GRUESO (GRAVA).....	13
2.2.3.2.1 Características generales, muestreo.....	13
2.2.3.2.2 Análisis granulométrico.....	13
2.2.3.2.3 Peso específico y absorción de gravas.....	15
2.2.3.2.4 Contenido de humedad .....	16
2.2.3.2.5 Pesos volumétricos suelto y compactado.....	18
2.2.3.2.6 Abrasión por la máquina de los Ángeles (ASTM C-131).....	19
2.2.3.2.7 Materias Orgánicas.....	21
2.2.3.2.8 Sales solubles.....	23
2.2.3.2.9 PH en los agregados .....	23
2.2.3.2.10 Diseño de mezclas .....	23
2.2.4. Ensayo en el hormigón endurecido (probetas).....	24
2.2.4.1 Ensayo de compresión.....	24
2.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICO.....	25
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS ..	31
3.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.010).....	31
3.1.2. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN.....	32
3.1.3. PESO UNITARIO VOLUMETRICO.....	34
3.1.4. ABRASIÓN POR LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES .....	37
3.4.5. ANÁLISIS GRANULOMETRICO.....	38
3.4.6. CONTAMINACIÓN DE LOS AGREGADOS .....	39

3.1.7. DISEÑO E MEZCLAS SEGÚN EL ACI.....	41
CAPITULO IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	48
4.1 ANÁLISIS.....	48
4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	57
4.3 DISCUSION DE RESULTADOS .....	58
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	62
5.4 ANEXOS.....	64

## INDICE DE TABLAS

	<b>Páginas</b>
Tabla 1. Graduación del agregado fino.....	8
Tabla 2. Requisitos granulométricos del agregado grueso .....	14
Tabla 3. Tipos de abrasión .....	20
Tabla 4. Carga abrasiva según el número de esferas .....	21
Tabla 5. Señala los requisitos de límites de aceptación .....	22
Tabla 6. Peso mínimo de la muestra de ensayo.....	40
Tabla 7. Esfuerzo más su factor de seguridad .....	42
Tabla 8. Asentamiento según tipo de estructuras .....	43
Tabla 9. Determinación del contenido de aire atrapado.....	43
Tabla 10. Determinación del volumen de agua.....	44
Tabla 11. Relación agua/cemento .....	44
Tabla 12. Volumen del agregado grueso según módulo de finura .....	45
Tabla 13. Contenido de humedad del agregado fino .....	48
Tabla 14. Contenido de humedad del agregado grueso .....	49
Tabla 15. Datos para peso específico y absorción agregado fino .....	49
Tabla 16. Resultados para peso específico y absorción agregado fino .....	49
Tabla 17. Dato para peso específico y absorción agregado grueso .....	50
Tabla 18. Resultados para peso específico y absorción agregado grueso.....	50
Tabla 19. Peso unitario volumétrico del agregado fino.....	50
Tabla 20. Peso unitario volumétrico del agregado grueso.....	50
Tabla 21. Análisis granulométrico del agregado fino .....	51
Tabla 22. Análisis granulométrico del agregado grueso.....	52
Tabla 23. Contaminación para el agregado fino.....	53
Tabla 24. Contaminación para el agregado grueso.....	53
Tabla 25. Resultados del diseño de Mezclas.....	54
Tabla 26. Valores de esfuerzos a compresión según el número de días....	55
Tabla 27. Resultado de resistencias a compresión.....	56

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
Figura 1. Condiciones húmedas de los agregados.....	11
Figura 2. Ubicación y localización de la cantera Santa Rosa.....	29
Figura 3. Lecho del Río Amojú.....	31
Figura 4. Llenando el recipiente con el agregado fino.....	34
Figura 5. Peso de la muestra compactada.....	35
Figura 6. Pesado de la muestra compactada.....	36
Figura 7. Colocando las esferas dentro de la tolva de la máquina.....	38
Figura 8. Grafica de límites del grupo M en el agregado fino.....	52
Figura 9. Grafica de límites del grupo N° 56 en el agregado grueso.....	53
Figura 10. Grafica de resistencia a la compresión.....	57
Figura 11. Extracción de muestras de Agregado Grueso.....	65
Figura 12. Extracción de muestras de Agregado Fino.....	65
Figura 13. Método del cuarteo para el análisis granulométrico.....	66
Figura 14. Colocando 5000 g de Agregado Grueso.....	66
Figura 15. Pesado la muestra para el contenido de humedad.....	67
Figura 16. Muestra saturada agregado grueso.....	67
Figura 17. Peso unitario suelto del A.G.....	68
Figura 18. Fabricación de probetas.....	68
Figura 19. Sometiendo las muestras a esfuerzos de compresión.....	69
Figura 20. Rotura de probetas.....	69



## LISTA DE ABREVIACIONES

- ITINTEC : Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas
- NTP : Norma Técnica Peruana
- ASTM : American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
- MTC : Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- AASHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials
- ACI : American Concrete Institute

## RESUMEN.

La presente investigación tiene como problema ver si los agregados de la cantera Santa Rosa cumplen con las propiedades físicas y mecánicas para diseñar un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , lo que nos traza un objetivo de evaluar propiedades antes mencionadas, el procedimiento a toda esta investigación, consistió en extraer muestras de agregado fino y grueso de la cantera antes mencionada, para luego realizar ensayos de evaluación en el laboratorio de suelos, obteniéndose los siguientes resultados: Contenido de humedad del agregado fino es 2,72%, agregado grueso 0,56%, peso específico del agregado fino es  $2,55 \text{ g/cm}^3$ , agregado grueso  $2,78 \text{ g/cm}^3$ , el porcentaje de absorción para el agregado fino es 2,25%, agregado grueso 0,92%, el peso unitario suelto para el agregado fino es  $1,61 \text{ g/cm}^3$ , agregado grueso  $1,39 \text{ g/cm}^3$ , el peso unitario seco varillado para el agregado fino es  $1,76 \text{ g/cm}^3$ , agregado grueso  $1,55 \text{ g/cm}^3$ , abrasión por la máquina de los ángeles para el agregado grueso es 21,45 % de desgaste, contaminación del agregado fino es 3,7%, agregado grueso 0,51%, análisis de PH para el agregado fino es 8,1, agregado grueso 8,2; sulfatos  $(\text{SO}_4)^{2-}$  agregado fino es 65,3 ppm, agregado grueso 61,4 ppm, cloruros  $(\text{Cl}^-)$  para el agregado fino es 41,5 ppm, agregado grueso 39,1 ppm, todos los análisis químicos a una temperatura de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Estos resultados se verifican con las especificaciones técnicas correspondientes, llegando a determinar que los agregados evaluados cumplen las propiedades físicas y mecánicas para el diseño de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

**PALABRAS CLAVES:** Agregado, Cantera, Absorción, Contenido de Humedad, módulo de finura y resistencia a la Abrasión.

## ABSTRACT

The problem of this research is to see whether the aggregates quarry Santa Rosa meet the physical and mechanical designing a concrete  $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$  properties, which we trace an objective assessment above properties , the procedure all this research was to extract samples of fine and coarse aggregate quarry above , then testing in the laboratory evaluation of soil, with the following results , moisture content of the fine aggregate is 2.72% , coarse aggregate 0.56 % of the fine aggregate specific gravity is 2.55 g / cm<sup>3</sup> , coarse aggregate 2.78 g / cm<sup>3</sup> , the absorption rate for fine aggregate is 2.25% , 0.92 % coarse aggregate , the unit weight lost for fine aggregate is 1.61 g / cm<sup>3</sup> , coarse aggregate 1.39 g / cm<sup>3</sup> , the dry rodded unit weight for the fine aggregate is 1.76 g / cm<sup>3</sup> , coarse aggregate 1.55 g / cm<sup>3</sup> , abrasion angels machine for coarse aggregate is 21.45% of wear , contamination of fine aggregate is 3.7% , 0.51 % coarse aggregate , for the analysis of PH is 8.1 fine aggregate , coarse aggregate 8.2; sulphates (SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup> fine aggregate is 65.3 ppm , 61.4 ppm coarse aggregate , chlorides (Cl<sup>-</sup> 1 ) for the fine aggregate is 41.5 ppm , 39.1 ppm coarse aggregate , chemical analysis to all 20 ° C . These results are verified with the relevant technical specifications , reaching determine the aggregate assessed meet the physical and mechanical design for a concrete  $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$  properties.

**KEYWORDS:** Aggregate , Quarry, absorption , moisture content , fineness modulus and resistance to abrasion .

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Jaén, el crecimiento urbano está sobresaliendo por ser una ciudad céntrica, con diferentes accesos a poblaciones que en su mayoría su economía está en base de la agricultura y ganadería, esto ha causado que Jaén crezca aceleradamente en el campo de la construcción, sin tener una adecuada selección y conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, insumos utilizados en el concreto ; los criterios de diseño, las proporciones, el proceso de puesta en obra y control de calidad que son aspectos a ser considerados cuando se construye estructuras de concreto con calidad.

El problema de la investigación queda plasmado con la siguiente interrogante: ¿Cumplen los agregados de la cantera Santa Rosa, con las propiedades físicas y mecánicas para diseñar un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ?. La hipótesis quedo definida en que los agregados de la cantera Santa Rosa, cumplen con las propiedades físicas y mecánicas para diseñar un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Esta investigación se justifica porque en la ciudad de Jaén la construcción de edificaciones, se realizan sin tener en cuenta la calidad de agregados que se utilizan, sirve para concientizar a la población y empresas constructoras en utilizar agregados de calidad en edificaciones y a si, que servirá a la población y empresas dedicadas a la industria de la construcción.

Los agregados en estudio son de la cantera Santa Rosa que está ubicada en el sector Yanuyacu, margen derecha de la carretera Jaén – San Ignacio Km 24, provincia de Jaén, departamento Cajamarca, del mes de Agosto a Noviembre del 2014 y cuyos resultados está dirigido a todas las personas e instituciones dedicadas a la industria de la construcción.

No se presentó limitaciones importantes, ya que se cuenta con el consentimiento y el apoyo de la empresa proveedora de los agregados a evaluar.

Como objetivo general fue evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, para la elaboración de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , teniendo objetivos específicos, determinar las propiedades físicas de los agregados, que conlleve a la clasificación del mismo, realizar el diseño de mezclas y analizar su resultado y determinar las propiedades mecánicas del concreto fabricado con insumos de la cantera antes mencionada.

Además en el capítulo II se desarrolló un marco teórico, basado en teorías que será útil en esta investigación, como propiedades de los agregados, ensayos a realizar para determinar para evaluar a las propiedades de los agregados, el capítulo III se hace mención de la ubicación geográfica de la cantera en estudio, el tiempo y época en el cual se realiza la investigación; procedimiento de los ensayos, tratamiento y análisis de datos, como también presentación de resultados, el capítulo IV se analiza y discute los resultados obtenidos con otros estudios realizados anteriormente y el capítulo V se plasma las conclusiones que se tiene como también unas recomendaciones pertinentes a la investigación.

## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES TEORICOS.**

#### **2.1.1 INTERNACIONALES.**

Según estudios el material de la cantera el Coloncito presenta un porcentaje de desgaste aceptable (38%) por lo que, en términos de calidad, se puede afirmar que es un material relativamente bueno (ÁLVAREZ 2012).

Según las investigaciones realizadas tenemos “Evaluación de los Agregados Localmente Disponibles Para Ser Empleados en Hormigones de Pavimentos” llegando a unas conclusiones que los pavimentos de hormigón ejecutados con TAR (Tecnología de alto rendimiento) imponen el consumo en forma continua de grandes volúmenes. (LUCAS 2010).

#### **2.1.2 NACIONALES**

Según los estudios realizados en la tesis “Diseño para obtener concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con la incorporación de aditivo superplastificante (Rheobuild 1000), empleando agregados del a cantera Rodolfito (Carretera Cajamarca – ciudad de Dios Km 5)” se obtuvieron como resultados que el módulo de finura del agregado fino es 2,83, agregado grueso es 7,07; el porcentaje de absorción para el agregado fino es 2,21% y 1,21% para el agregado grueso, el contenido de humedad del agregado fino es 3,12% y 0,63 para el agregado grueso, la resistencia a la abrasión para el agregado grueso se obtuvo el 72,2% de desgaste.

Según estudios realizados en la cantera Chávez que se ubica en el rio Chonta del departamento de Cajamarca indica que los materiales de construcción (agregados), tienen buenas propiedades físicas y mecánicas, para el diseño de un buen concreto (MINCHAN 2010).

Según estudios realizados los resultados obtenidos nos permiten concluir que podemos obtener una mezcla más eficiente si usamos agregado de tamaño máximo de 3/4" Los agregados de menor tamaño (3/8") producen concretos de alta resistencia para una relación de agua cemento dada, esto debido al alto contenido de cemento por metro cúbico. (ARANDA, SILVA 2006)

### 2.1.3 LOCALES

Según Hoyos (2013) en su estudio de los agregados de la cantera Cruce Chanango de la ciudad de Jaén – Cajamarca, para el uso en la elaboración de concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , obtuvo como resultados el contenido de humedad del agregado fino es 2,65% y 1,21% del agregado grueso, la contaminación del agregado fino es de 5% y 0,51% del agregado grueso, el porcentaje de absorción del agregado fino es 2,46% y 1,13% del agregado grueso. Los anteriores resultados más un análisis granulométrico que cumplen los parámetros establecidos según norma, se concluyó que los materiales de la Cantera Cruce Chango de la Ciudad de Jaén, son aptos para su uso en la fabricación de concreto con resistencia a la compresión  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , con una relación A/C= 0,54.

Según investigaciones realizadas tenemos "Evaluación de las propiedades físico – mecánicas de los materiales de la cantera del rio Huancabamba – Chamaya para la utilización en la construcción de edificaciones" según análisis granulométrico por tamizado del agregado fino NTP 400.012, clasifico dentro del grupo C, lo que indica que corresponde a una arena gruesa y el agregado grueso cumple los parámetros especificados según la norma ASTM C-33, el contenido de humedad del agregado fino resulto 3,68%, peso específico  $2,61 \text{ g/cm}^3$  y para el agregado grueso tenemos un contenido de humedad de 2,04%, peso específico de  $2,67 \text{ g/cm}^3$ , con respecto a las propiedades mecánicas se hizo el ensayo de Abrasión teniendo como resultado un 20,6% de desgaste cumpliendo los parámetros según la NTP 400.037; con respecto a los ensayos químicos para el agregado fino tenemos PH 8,10; Cloruros 88,1 ppm y Cloruros 79,70 ppm lo que indica que están

dentro de los parámetros establecidos según la norma; para el agregado grueso tenemos los mismos resultados (RIVAS 2013)

## **2.2 BASES TEÓRICAS.**

### **2.2.1 CEMENTOS PORTLAND.**

#### **2.2.1.1 ¿Qué es el cemento Portland?**

El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual se mezcla con agua, ya sea sólo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de combinarse lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un clinker finamente pulverizado, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contiene cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones, previamente establecidas, para lograr las propiedades deseadas.

#### **2.2.1.2 Densidad relativa.**

Generalmente el peso específico del cemento Portland es de aproximadamente 3.15. El cemento Portland de escoria de alto horno y los cementos Portland-puzolana pueden tener valores de pesos específicos de aproximadamente 2.90. El peso específico de un cemento, su uso principal se tiene en los cálculos de proporcionamiento de mezclas (ASTM C 188)

### **2.2.2 AGUA. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA DE MEZCLADO.**

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto.

Las impurezas excesivas en el agua no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad.

El agua que contiene menos de 2,000 partes por millón (ppm) de sólidos disueltos totales generalmente puede ser utilizada de manera satisfactoria para elaborar concreto.



**Carbonatos y bicarbonatos alcalinos.** Los carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio tienen diferentes efectos en los tiempos de fraguado de cementos distintos. El carbonato de sodio puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días. También se deberá considerar la posibilidad que se presenten reacciones álcali-agregado graves.

**Cloruros.** La inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que los iones de cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo. Los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (pH 12.5) presente en el concreto. El nivel de iones cloruro solubles en el agua en el cual la corrosión del acero de refuerzo comienza en el concreto es de aproximadamente 0.15% del peso del cemento. Del contenido total de ión cloruro en el concreto, sólo es soluble en el agua aproximadamente del 50% al 85%: el resto se combina químicamente en reacciones del cemento.

**Sulfatos.** El interés respecto a un elevado contenido de sulfatos en el agua, se debe a las posibles reacciones expansivas y al deterioro por ataque de sulfatos, especialmente en aquellos lugares donde el concreto vaya a quedar expuesto a suelos o agua con contenidos elevados de sulfatos. Aunque se han empleado satisfactoriamente aguas que contenían 10,000 ppm de sulfato de sodio, el límite del producto químico sulfato, como  $SO_4$ , de 3,000 ppm, se deberá respetar a menos que se tomen precauciones especiales.

## **2.2.3 AGREGADOS (ARENA Y GRAVA).**

### **2.2.3.1 Fino (arena).**

#### **2.2.3.1.1 Características generales, muestreo.**

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm.

Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

#### **2.2.3.1.2 Análisis granulométrico.**

Los requisitos de la norma ASTM C 33, permiten un rango relativamente amplio en la granulometría del agregado fino, pero las especificaciones de otras organizaciones son a veces más limitantes. La granulometría más conveniente para el agregado fino, depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y del tamaño máximo del agregado grueso. En mezclas más pobres, o cuando se emplean agregados gruesos de tamaño pequeño, la granulometría que más se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada criba resulta lo más conveniente para lograr una buena trabajabilidad. En general, si la relación agua-cemento se mantiene constante y la relación de agregado fino a grueso se elige correctamente, se puede hacer uso de un amplio rango en la granulometría sin tener un efecto apreciable en la resistencia. En ocasiones se obtendrá una economía máxima, ajustando la mezcla del concreto para que encaje con la granulometría de los agregados locales. Entre más uniforme sea la granulometría, mayor será la economía (ASTM C 33).

La granulometría del agregado fino dentro de los límites de la norma ASTM C 33, generalmente es satisfactoria para la mayoría de los concretos.

En la Tabla 1, se presenta en tres grupos de límites que permiten clasificar al agregado fino, el grupo C corresponde a arenas gruesas, el grupo M

corresponde a arenas intermedias y el grupo F corresponde a arenas finas, según la ASTM C-33.

Tabla 1. Graduación del agregado fino.

<b>TAMIZ</b>	<b>GRUPO C</b>	<b>GRUPO M</b>	<b>GRUPO F</b>
3/8"	100	100	100
N° 4	95 a 100	85 a 100	89 a 100
N° 8	80 a 100	65 a 100	80 a 100
N° 16	50 a 85	45 a 100	70 a 100
N° 30	25 a 60	25 a 80	55 a 100
N° 50	10 a 30	5 a 48	5 a 70
N° 100	2 a 10	0 a 12	0 a 12

Fuente: ASTM C-33

Otros requisitos de la norma ASTM son:

1. Que el agregado fino no tenga más del 45% retenido entre dos mallas consecutivas.
2. Que el módulo de finura no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, ni que varíe en más de 0.2 del valor típico de la fuente del abastecimiento del agregado. En el caso de que sobrepase este valor, el agregado fino se deberá rechazar a menos que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones del agregado fino y grueso.

Las cantidades de agregado fino que pasan las mallas de 0.30 mm (No.50) y de 0.15 mm (No.100), afectan la trabajabilidad, la textura superficial y el sangrado del concreto. La mayoría de las especificaciones permiten que del 10% al 30% pase por la malla de 0.30 mm (No. 50). El límite inferior puede bastar en condiciones de colado fáciles o cuando el concreto tiene un acabado mecánico, como ocurre en el caso de los pavimentos. Sin embargo, en los pisos de concreto acabados a mano o donde se requiera una textura superficial tersa, se deberá usar un agregado fino que contenga al menos un 15% que pase la malla de 0.30 mm (No.50) y al menos un 3% que pase la malla de 0.15 mm (No.100).

#### **2.2.3.1.3 Módulo de finura.**

El módulo de finura (FM) del agregado grueso o del agregado fino se obtiene, conforme a la norma ASTM C 125, sumando los porcentajes acumulados en

peso de los agregados retenidos en una serie especificada de mallas y dividiendo la suma entre 100. Las mallas que se emplean para determinar el módulo de finura son la de 0.15 mm (No.100), 0.30 mm (No.50), 0.60 mm (No.30), 1.18 mm (No.16), 2.36 mm (No.8), 4.75 mm (No.4), 9.52 mm (3/8"), 19.05 mm (3/4"), 38.10 mm (1½"), 76.20 mm (3"), y 152.40 mm (6"). El módulo de finura es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado. Diferentes granulometrías de agregados pueden tener igual módulo de finura. El módulo de finura del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto (ASTM C 125).

#### **2.2.3.1.4 Densidad relativa.**

El peso específico (densidad relativa) de un agregado es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamientos de mezclas y control, por ejemplo en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. Generalmente no se le emplea como índice de calidad del agregado, aunque ciertos agregados porosos que exhiben deterioro acelerado a la congelación-deshielo tengan pesos específicos bajos. La mayoría de los agregados naturales tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9 (ASTM C 128).

$$Dr = \frac{Ws}{Ws+Wmw+Wmwa}$$

Dónde:

Dr = Densidad relativa o Gravedad específica

Ws = Peso seco del arena.

Wmw = peso del matraz + agua hasta la marca de aforo

Wmwa = peso del matraz + agua + arena

#### **2.2.3.1.5 Porcentaje de absorción.**

Es cantidad de agua que absorbe la arena para concreto, expresando está en porcentaje con respecto al peso seco de la arena (ASTM C 128).

$$\text{Absorción} = \frac{W_{sss} - W_s}{W_s} \times 100$$

Dónde:

$W_{sss}$  = peso de la muestra saturada con superficie seca

$W_s$  = peso seco al horno

#### **2.2.3.1.6 Contenido de humedad de la arena**

Es la cantidad de agua que posee una muestra de arena, con respecto al peso seco de la muestra. Esta prueba se lleva a cabo antes de hacer una mezcla de concreto, con el fin de hacer los ajustes en la cantidad de agua de mezclado.

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

Dónde:

$W_w$  = peso del agua (g).

$W_s$  = peso seco al horno (g).

$W$  = contenido de humedad en (%)

La humedad superficial de los agregados se debe determinar de acuerdo con las normas ASTM C 70, C 127, C 128 y C 566 de manera que se pueda controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla. La estructura interna de una partícula de agregado, está constituida de materia sólida y de vacíos que pueden o no contener agua.

Las condiciones de humedad de los agregados se muestran en la Figura 1, se designan como:





<i>Estado:</i>	Secado al horno	Secado al aire	Saturado, superficialmente seco o mojado	Húmedo
				
<i>Humedad total:</i>	Ninguna	Menor que la absorción potencial	Igual a la absorción potencial	Mayor que la absorción

Figura 1, Condiciones húmedas de los agregados.

Fuente: Manual de prácticas del laboratorio de concreto.

La cantidad de agua utilizada en la mezcla de concreto, se debe ajustar a las condiciones de humedad de los agregados de manera que cubra los requerimientos de agua. Si el contenido de agua de la mezcla de concreto no se mantiene constante, la resistencia a la compresión, la trabajabilidad y otras propiedades variarán de una revoltura a otra. Los contenidos de agua libre, normalmente varían desde 0.5% hasta 2% para el agregado grueso y desde 2% hasta 6% para el agregado fino. El contenido máximo de agua de un agregado grueso drenado, usualmente es menor que el de un agregado fino. La mayoría de los agregados finos pueden mantener un contenido de humedad drenado máximo, aproximadamente de 3% a 8%, mientras que los agregados gruesos sólo pueden mantener aproximadamente de 1% a 6%.

#### 2.2.3.1.7 Pesos volumétricos secos: suelto y compactado.

El peso volumétrico (también llamado peso unitario o densidad en masa) de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado. El peso volumétrico aproximado de un agregado usado en un concreto de peso normal, varía desde aproximadamente 1,200 kg/m<sup>3</sup> a 1,760 kg/m<sup>3</sup>. El contenido de vacíos entre partículas afecta la demanda de mortero en el diseño de la mezcla. Los contenidos de vacíos varían desde aproximadamente 30% a 45% para los agregados gruesos hasta 40% a 50% para el agregado fino. La angularidad aumenta el contenido de vacíos;

mayores tamaños de agregado bien graduado y una granulometría mejorada hacen disminuir el contenido de vacíos. Los métodos para determinar el peso volumétrico de los agregados y el contenido de vacíos, se dan en la norma ASTM C 29. Se describen tres métodos para consolidar el agregado en el recipiente, dependiendo del tamaño máximo del agregado: varillado, sacudido y vaciado con pala (ASTM C 29).

**a) Peso volumétrico seco y suelto de la arena**

Obtener la cantidad de arena en kilogramos que se puede lograr por metro cúbico, al vaciar material a un recipiente de volumen conocido y sin darle acomodo a las partículas (ASTM C 29).

$$P.V.S.S. = \frac{W_m}{V_r}$$

Dónde:

$W_m$  = peso del arena (kg).

$W_m$  = (Peso del recip. + mat.) – (Peso del recip.).

$V_r$  = Volumen del recipiente ( $m^3$ )

**b) Peso volumétrico seco y compactado:**

Es el valor de la cantidad de la arena en kilogramos que se puede lograr por metro cúbico, al vaciar material a un recipiente de volumen conocido y dándole acomodo a las partículas por medio de golpes de varilla punta de bala.

$$P.V.S.S. = \frac{W_m}{V_r}$$

Dónde:

$W_m$  = peso del arena (kg).

$W_m$  = (Peso del recip. + mat.) – (Peso del recip.).

$V_r$  = Volumen del recipiente ( $m^3$ )

### **2.2.3.2 Agregado grueso (grava).**

#### **2.2.3.2.1 Características generales, muestreo.**

Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm.

Los agregados gruesos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

#### **2.2.3.2.2 Análisis granulométrico.**

Este ensayo sirve para determinar, cuantitativamente los tamaños de los agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada. La muestra para el ensayo se obtendrá por medio de cuarteo, manual o mecánico. El agregado debe de estar completamente mezclado y tener la suficiente humedad para evitar la segregación y la pérdida de finos. La muestra para el ensayo debe tener la masa seca aproximada y consistir en una fracción completa de la operación de cuarteo. No está permitido seleccionar la muestra a un peso exacto determinado.

El tamaño máximo de un agregado, es el menor tamaño de malla por el cual todo el agregado debe pasar. El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número de tamaño. Por ejemplo, el agregado de número de tamaño 67 tiene un tamaño máximo de 25 mm y un tamaño máximo nominal de 19 mm. De 90% a 100% de este agregado debe pasar la malla de 19 mm y todas sus partículas deberán pasar la malla de 25 mm, como se indica en la tabla 2.



**TABLA 2. REQUISITOS GRANULOMETRICOS ASTM C-33 PARA AGREGADO GRUESO**

TAMAÑO N°	TAMAÑO NOMINAL EN PULGADAS	PORCENTAJES PASANTES EN PESO PARA CADA MALLA STANDARD												
		4" (100 mm)	3 1/2" (90mm)	3" ( 75 mm)	2 1/2" (63 mm)	2" ( 50 mm)	1 1/2" ( 37.5 mm)	1" ( 25mm)	3/4" (19mm)	1/2" ( 12.5 mm)	3/8" (9.5 mm)	N° 4 (4.75 mm)	N°8 (2.36 mm)	N°16 (1.18 mm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	-----	25 a 60	-----	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----	-----
2	2 1/2" a 1 1/2"	-----	-----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----	-----
3	2" a 1"	-----	-----	-----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----
357	2" a Malla # 4	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	35 a 70	-----	10 a 30	-----	0 a 5	-----	-----
4	1 1/2" a 3/4"	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----
467	1 1/2" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	35 a 70	-----	10 a 30	0 a 5	-----	-----
5	1" a 1/2"	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-----	-----	-----
56	1" a 3/8"	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-----	-----
57	1" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	25 a 60	-----	0 a 10	0 a 5	-----
6	3/4" a 3/8"	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-----	-----
67	3/4" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	-----	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-----
7	1/2" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-----
8	3/8" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: ASTM C-33

### **2.2.3.2.3 Peso específico y absorción de gravas.**

#### **Peso Específico.**

El peso específico de una sustancia se define como su peso por unidad de volumen, sin considerar sus vacíos.

Se calcula dividiendo el peso de un cuerpo o porción de materia entre el volumen que éste ocupa. En el Sistema Técnico, se mide en kilopondios por metro cúbico ( $\text{kp/m}^3$ ). En el Sistema Internacional de Unidades, en Newton por metro cúbico ( $\text{N/m}^3$ ) (ASTM C 128).

#### **Peso Específico Aparente.**

Es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario del material, a la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas, a una temperatura especificada. Cuando el material es un sólido, se considera el volumen de la porción impermeable (ASTM C 128).

#### **Peso Específico de Masa.**

Viene a ser la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario del material permeable (Incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material), a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada, libre de gas y a una temperatura especificada, según la norma el agregado debe de estar dentro de los límites de 2,3 a 2,9  $\text{g/cm}^3$  (ASTM C 128).

#### **Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca.**

Tiene la misma definición que el Peso Específico de Masa, con la salvedad de que la masa incluye el agua en los poros permeables (ASTM C 128).

#### **Absorción.**

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos durante 24 horas en ésta, depende de la porosidad.

Esta particularidad de los agregados, que dependen de la porosidad, es de suma importancia para realizar correcciones en las dosificaciones de mezclas de concreto. Además esta influye en otras propiedades del agregado, como la

adherencia con el cemento, la estabilidad química, la resistencia a la abrasión y la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

Es aconsejable, determinar el porcentaje de absorción entre los 10 Y 30 primeros minutos, ya que la absorción total en la práctica nunca se cumple (ASTM C 128).

### Fundamento Teórico

- Peso Específico de Masa ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

$$P_{em} = \frac{A}{B - C}$$

- Peso Específico de Masa SSS ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

$$P_{emsss} = \frac{500}{B - C}$$

- Peso Específico Aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

$$P_{eap} = \frac{A}{A - C}$$

- Porcentaje de Absorción (%).

$$Ab\% = \frac{B - A}{A} \times 100$$

#### 2.2.3.2.4 Contenido de humedad.

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad se exprese como porcentaje de la muestra seca (en estufa), se denomina Porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla (ASTM D 2216).

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 (ASTM D-2216).

**Totalmente Húmedo.** Todos los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial.

La absorción y el contenido de humedad de los agregados deben determinarse de tal manera que la proporción de agua en el concreto puedan controlarse y se puedan determinar los pesos corregidos de las muestras (ASTM D-2216).

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

$$W\% = \frac{W_{mh} - W_{ms}}{W_{ms}} \times 100$$

Dónde:

$W_{mh}$ : peso de la muestra humedad (%)

$W_{ms}$ : peso de la muestra seca (g)

$W$  (%): contenido de humedad (g)

También existe la Humedad Libre donde esta se refiere a la película superficial de agua que rodea el agregado; la humedad libre es igual a la diferencia entre la humedad total y la absorción del agregado, donde la humedad total es aquella que se define como la cantidad total que posee un agregado. Cuando la humedad libre es positiva se dice que el agregado está aportando agua a la mezcla, para el diseño de mezclas es importante saber esta propiedad y cuando la humedad es negativa se dice que el agregado está quitando agua a la mezcla (ASTM D-2216).

## **Especificaciones Técnicas**

Los contenidos de agua libre, normalmente varían desde 0,5% hasta 2% para el agregado grueso y desde 2% hasta 6% para el agregado fino (ASTM C-127).

### **2.2.3.2.5 Pesos volumétricos suelto y compactado.**

El peso volumétrico (también llamado peso unitario o densidad en masa) de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado. El peso volumétrico aproximado de un agregado usado en un concreto de peso normal, varía desde aproximadamente 1,200 kg/m<sup>3</sup> a 1,760 kg/m<sup>3</sup>. El contenido de vacíos entre partículas afecta la demanda de mortero en el diseño de la mezcla. Los contenidos de vacíos varían desde aproximadamente 30% a 45% para los agregados gruesos hasta 40% a 50% para el agregado fino. La angularidad aumenta el contenido de vacíos; mayores tamaños de agregado bien graduado y una granulometría mejorada hacen disminuir el contenido de vacíos. Los métodos para determinar el peso volumétrico de los agregados y el contenido de vacíos, se dan en la norma ASTM C 29. Se describen tres métodos para consolidar el agregado en el recipiente, dependiendo del tamaño máximo del agregado, varillado, sacudido y vaciado con pala (POLANCO 1994).

### **Peso volumétrico seco y suelto de la arena (PVSS).**

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 (POLANCO 1994).

$$\text{P.V.S.S} = \frac{W_m}{V_r}$$

### **Peso volumétrico seco y compactado (PVSC).**

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 (POLANCO 1994).

$$P.V.S.C = \frac{W_m}{V_r}$$

#### **2.2.3.2.6 Abrasión por la máquina de los Ángeles (ASTM C-131).**

La resistencia a la abrasión, desgaste o dureza de un agregado, es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre. Este factor cobra importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo como es el caso de pisos y pavimentos, para lo cual agregados que se utilizan deben de estar duros. Esta es la prueba que más se aplica para averiguar la calidad global estructural del agregado grueso. Este método establece el procedimiento a seguir para determinar el desgaste por abrasión del agregado grueso, menor de 1 1/2" (38 mm), utilizando la máquina de los ángeles (NTP 400.019 ó ASTM C-131).

El procedimiento para determinar el desgaste por abrasión de agregado grueso mayor a 3/4" (19 mm) utilizando la máquina de los ángeles, se describe en ASTM C-535. El porcentaje de desgaste determinado en ambas condiciones (ASTM C-131 y ASTM C-535) no es el mismo.

La muestra consistirá de agregado limpio y debe ser representativa del material que se vaya a ensayar.

Una vez que se alcanza en número requerido de revoluciones del tambor, se tamiza el agregado para determinar el porcentaje de agregado que ha sido reducido hasta un tamaño menor que 1.7 mm (tamiz 12).

### **Especificaciones Técnicas.**

En los agregados gruesos ensayados al desgaste, según el método ITINTEC (400.019) y (400.020), se aceptara una perdida no mayor del 50% del peso original.

Se recomienda que los agregados a usarse en construcciones sujetos a fuertes fricciones, presenten un porcentaje de desgaste inferior al 30% y hasta un 40% cuando se utilicen en estructuras no expuestas a la abrasión directa.

En la tabla 3, se muestra la clasificación en grupos como A, B, C, D en función de los pesos de las muestras según su tamaño para el ensayo de abrasión.

Tabla 3. Tipos de abrasión.

<b>TAMAÑO DE LOS TAMICES (ABERTURA GRADADAS)</b>		<b>PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (g)</b>			
<b>PASA</b>	<b>RETENIDO</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
37,50 mm (1 ½")	25,40 mm (1")	1250 ± 25	-----	-----	-----
25,40 mm (1")	19,00 mm (¾")	1250 ± 25	-----	-----	-----
19,00 mm (¾")	12,70 mm (½")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
12,70 mm (½")	9,51 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
9,51 mm (3/8")	6,35 mm (¼")	-----	-----	2500 ± 10	-----
6,35 mm (¼")	4,76 mm (N°4)	-----	-----	2500 ± 10	-----
4,76 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	-----	-----	-----	5,000 ± 10

Fuente: Norma ITINTEC 350.001.

### **Carga Abrasiva.**

La carga abrasiva consiste en esferas de acero de 4,7 cm de diámetro cada una con peso entre 390g y 445g.

En la tabla 4, se presentan las cargas abrasivas según su clasificación en grupo.

Tabla 4. Carga abrasiva según el número de esferas.

GRADACIÓN	NUMERO DE ESFERAS	PESO DE LAS ESFERAS (g)
A	12	5,000 ± 25
B	11	4,584 ± 25
C	08	3,300 ± 25
D	06	2,500 ± 15

Fuente: N.T.P, ITINTEC 400.019 (2002).

El porcentaje de desgaste (De) está dado por la diferencia entre el peso original ( $W_0$ ) y el peso final ( $W_f$ ), expresado como porcentaje del primero.

$$De = \frac{W_0 - W_f}{W_0} \times 100$$

Dónde:

$W_0$  = Peso original de la muestra (g)

$W_f$  = Peso final de la muestra (g)

De = Porcentaje de desgaste (%)

#### 2.2.3.2.7 Materias Orgánicas.

En los agregados se suelen encontrar impurezas orgánicas, que generalmente provienen de la descomposición de la materia vegetal, manifestándose en forma de humus o margas orgánicas.

Se presenta con mayor frecuencia en el agregado fino y su eliminación es más laboriosa que el agregado grueso. Sin embargo no todas las impurezas orgánicas son perjudiciales, por lo que habría que verificar sus efectos.

También se efectúa al material orgánico haciendo una buena evaluación como punto de control de calidad del material suministrado para ser empleado en el uso de la construcción y que no debe de pasar del porcentaje permisible de la norma de las propiedades físicas de los agregados (N.T.P 400.022 ó ASTM C-40)



### **Especificaciones Técnicas.**

Aquellos agregados que presenten un color más oscuro, que el color estándar en el ensayo de impurezas orgánicas, no deberán emplearse salvo en las siguientes condiciones.

Los agregados finos que no pasen el ensayo; se podrán utilizar en aquellos casos en que la coloración se deba a la presencia de algún compuesto de carbón, linito o partículas similares.

El agregado fino que falle en el ensayo calorimétrico; podrá emplearse siempre que al ser ensayado para determinar las propiedades del mortero este desarrollándose una resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, no menor del 95% de un mortero preparado con el mismo agregado, pero lavado en una solución al 3% de hidróxido de sodio seguido de un enjuague completo en agua (NORMA ASTM C-40).

En la tabla 5, se presenta las especificaciones técnicas según el tipo de ensayo de acuerdo a las normas mencionadas.

Tabla 5. Señala los requisitos de límites de aceptación.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>NORMA DE ENSAYO</b>	<b>MASA TOTAL DE LA MUESTRA</b>
Terrones de arcilla y partículas de deleznales	MTC E 212	1,00% MAX
Material que pasa el Tamiz de 75 um (200).	MTC E 212	5,00% MAX
Cantidad de partículas livianas.	MTC E 211	5,00% MAX
Contenido de sulfatos expresados como ión SO <sub>4</sub> .	AASHTO T 290	0,06% MAX
Contenido de Cloruros expresado como ión CL.	AASHTO T 291	0,10% MAX

Fuente: (NORMA ASTM C-40).

#### **2.2.3.2.8 Sales solubles.**

Algunos agregados pueden estar contaminados con un elevado contenido de sulfatos o cloruros, adheridos a su superficie, por lo cual la arena resulta el agregado de mayor peligro, dada su elevada medida de superficie específica, estas circunstancias no pueden ser detectadas por la vista ni por el gusto, pues pequeñas cantidades ya son suficientes para significar un peligro para el concreto (basta el 1% de sulfatos en masa, o el 0,1% de cloruros en masa) (INSTITUTO DEL CONCRETO 1997).

Los sulfatos atacan al cemento produciendo reacciones expansivas que agrietan y desmoronan su masa. Los cloruros corroen el acero del concreto armado, perdiendo sus condiciones resistentes, aumenta el volumen y agrieta las secciones del concreto (INSTITUTO DEL CONCRETO 1997).

#### **2.2.3.2.9 PH en los agregados.**

El PH por encima de los 11 puede iniciar reacciones de neutralización produciendo moléculas de agua que puede introducirse en los espacios intersticiales de estos materiales debilitando las propiedades físicas produciendo deterioro en las estructuras compuestas por los materiales.

#### **2.2.3.2.10 Diseño de mezclas.**

El método ACI es utilizado para elaborar diseños de mezcla de concreto con agregados que cumplan las normas correspondientes, hecho que no siempre se da en nuestro medio, ya que los agregados utilizados no se encuentran completamente limpios; ni tampoco se cuenta con unas granulometrías correctas. Es por esta causa que en general el método ACI nos da mezclas más secas de lo previsto y pedregosas, pero afortunadamente existen correcciones, las cuales no sólo son de agua, sino también de agregados. Este método tiene una gran limitación, y es que no distingue las distintas formas en las que se presentan los agregados (redondeados, chancados, angulosos, etc). Una de las alternativas para la corrección de slump es:

Corregir la cantidad de agua, pero al tratar de conservar la misma relación agua/cemento involucraba que la cantidad de agregado grueso se mantenga

constante y en algunos casos ya se obtiene mucha piedra.

Otra alternativa, mencionada anteriormente es modificar la cantidad de agregado grueso; es decir, disminuir la cantidad de agregado grueso en un rango de 5% a 10% y compensar con la cantidad de arena. Cabe mencionar que no se ha profundizado mucho en esta alternativa ya que esta es muy parecida al método de Pesos Unitarios Compactados usado y detallado a continuación (COTTIER 1991).

De todas las pruebas de concreto endurecido la más común es la resistencia a la compresión, por una parte porque es fácil de llevar a cabo y por otra parte, porque muchas de las características deseables del concreto, están relacionadas cualitativamente con sus resistencias mecánicas, principalmente la de resistencia a la compresión.

Se utiliza tres tipos de especímenes para las pruebas a compresión y estos son cilíndricos, cubos y prismas.

Las pruebas pueden llevarse a cabo para diferentes fines, aunque los dos objetivos principales son el control de calidad y el cumplimiento de las especificaciones técnicas. Sin embargo pueden efectuarse pruebas adicionales para fines específicos, tales como la prueba brasilera de tracción.

Los métodos de ensayo de resistencia a la compresión pueden ser destructivos y no destructivos.

## **2.2.4. Ensayo en el hormigón endurecido (probetas)**

### **2.2.4.1 Ensayo de compresión.**

El procedimiento del ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión del hormigón está establecido en la norma INEN 1573 "hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico" este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados de hormigón de cemento hidráulico a una velocidad que se

encuentra dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla del espécimen. La resistencia a la compresión a un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del espécimen (INEN 1573).

## **2.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICO**

### **Aglomerante o conglomerante.**

Materiales que, en estado pastoso y con consistencia variable, tienen la propiedad de poderse moldear, de adherirse fácilmente a otros materiales, de unirlos entre sí, protegerlos, endurecerse y alcanzar resistencias mecánicas considerables (MÉNDEZ 2012).

### **Agregado.**

Material granular, de origen natural o artificial, como arena, arena, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico (MÉNDEZ 2012).

### **Agregado fino.**

Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz Nro. 4 y retenido por la malla Nro. 200 (MÉNDEZ 2012).

### **Agregado grueso.**

Agregado retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas (MÉNDEZ 2012).

### **Agrietamiento o fisuración.**

Fenómeno que se genera cuando el concreto se contrae y expande con los cambios de humedad y temperatura, y se deforma dependiendo de la carga y de las condiciones de apoyo (MÉNDEZ 2012).

### **Cemento.**

Mezcla de Caliza y Arcilla, sometida a calcinación y molida, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua y se usa como aglomerante en morteros y concretos (MÉNDEZ SILVA 2012).

**Cementante.**

Es aquel que tiene propiedades adhesivas y cohesivas que hacen posible una ligazón de fragmentos minerales de manera de producir una masa continua y compacta (MÉNDEZ SILVA 2012).

**Concreto hidráulico o concreto.**

Material de construcción formado por una mezcla de cemento, áridos (Arena y Grava), agua, aire y algunos aditivos en determinadas proporciones (MÉNDEZ SILVA 2012).

**Concreto endurecido.**

Después de que el concreto ha fraguado, empieza a ganar resistencia y endurece. Las propiedades del concreto endurecido son la resistencia y durabilidad (MÉNDEZ SILVA 2012).

**Concreto expuesto.**

Concreto que cuya superficie se encuentra en contacto directo con el medio ambiente (MÉNDEZ SILVA 2012).

**Concreto fresco.**

Es aquel recién preparado cuyo estado es plástico y moldeable en el cual no se produce el fraguado ni el endurecimiento y adopta la forma del encofrado (MÉNDEZ SILVA 2012).

**Concreto simple.**

Concreto estructural sin armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para el concreto reforzado (MÉNDEZ SILVA 2012).

**Contenido de humedad.**

Cantidad de agua que presenta el concreto (MÉNDEZ SILVA 2012).

**Curado del concreto.**

Tratamiento que se da al concreto, mortero, etc.

Después de su colocación a fin de mantener húmedas sus superficies, lo cual impide la rápida evaporación del agua de amasado. Esta tarea suaviza la

retracción del material y evita su agrietamiento por desecación brusca (MÉNDEZ SILVA 2012).

#### **Diseño de mezcla.**

Proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados (MÉNDEZ SILVA 2012).

#### **Dosificación.**

Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen al concreto, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas (HERNANDEZ 2011).

#### **Durabilidad.**

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 (HERNANDEZ 2011).

#### **Espécimen.**

Muestra o ejemplar (HERNANDEZ 2011).

#### **Estructura.**

Toda construcción destinada a soportar su propio peso y la presencia de acciones exteriores (fuerzas, momentos, cargas térmicas, etc.) sin perder las condiciones de funcionalidad para las que fue concebida ésta (HERNANDEZ 2011).

#### **Exudación.**

Ascensión de agua de amasado hacia la superficie del concreto fresco tras la separación de esta de la pasta de cemento (HERNANDEZ 2011).

#### **Fraguado.**

Proceso físico-químico por medio del cual un Conglomerante (cal, cemento, yeso u otras masas) se endurece (HERNANDEZ 2011).

**Hidratación.**

Reacción físico-química que se produce al mezclar una sustancia con el agua, como los aglomerantes, dando lugar a nuevas sustancias y compuestos (HERNANDEZ 2011).

**Hormigón.**

Sinónimo de concreto (Latinoamérica). Para no realizar confusiones respecto al tema se hablará y a nivel de concreto (HERNANDEZ 2011).

**Impermeabilidad.**

Propiedad de ciertos materiales de impedir la penetración de agua u otros líquidos (HERNANDEZ 2011).

**Intemperismo.**

Acción combinada de procesos (climáticos, biológicos, etc.) mediante los cuales el concreto o la superficie del concreto es descompuesto y desintegrado por la exposición continua a los agente atmosféricos (HERNANDEZ 2011).

**Laboratorio.**

Organismo que se encargará de verificar, analizar y calificar, durante todo el proceso de la obra, la calidad y el comportamiento de los materiales, naturales o procesados (HERNANDEZ 2011).

**Piedra triturada o chancada.**

Agregado grueso, obtenido por trituración artificial de rocas o gravas (HERNANDEZ 2011).

**Probeta o testigo.**

Muestra de cualquier sustancia o material para probar su elasticidad, resistencia (HERNANDEZ 2011).

### CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### LOCALIZACIÓN.

La cantera SANTA ROSA, se encuentra ubicada políticamente:

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA.

PROVINCIA : JAÉN.

DISTRITO : BELLAVISTA

CASERÍO : YANUYACU.

En el Kilómetro 24.50 de la carretera Jaén - San Ignacio, en lecho del Río Amojú o también llamado Quebrada Jaén.

La ubicación en coordenadas UTM GSW-84

Norte : 9374520.78 m

Este : 749836.35 m

Altitud : 520 m.s.n.m.

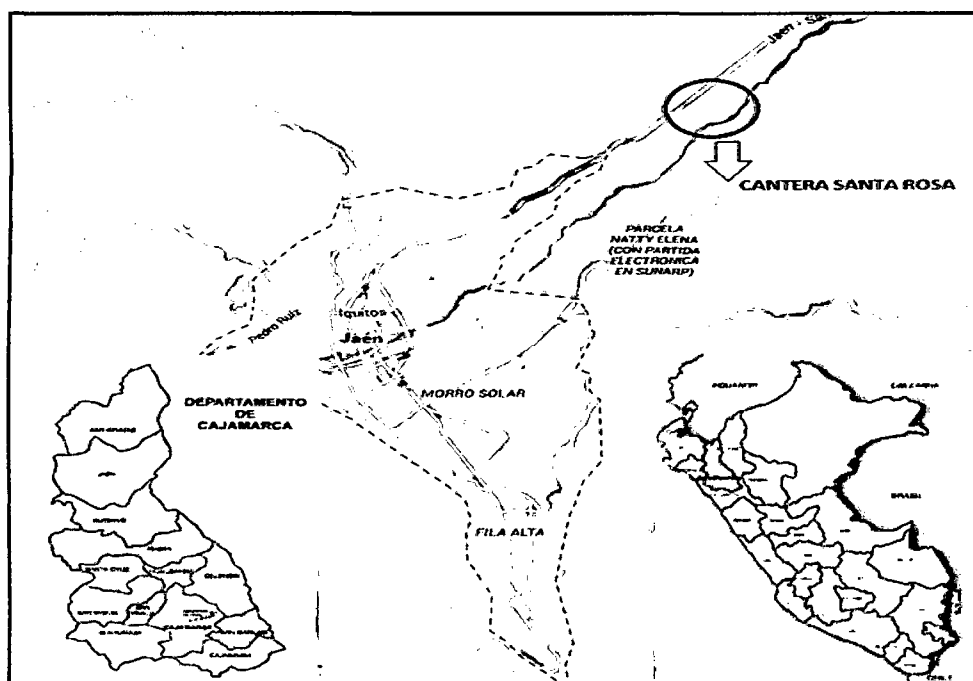


Figura 2. Ubicación y localización de la cantera Santa Rosa

Fuente: Google Maps.



## **Origen.**

Los agregados que se producen en la cantera Santa Rosa; está constituida por depósitos aluvio fluviales que conforman el cauce y áreas de inundación de la quebrada Jaén o Río Amojú, con volúmenes que superan los 98, 000.00 m<sup>3</sup> por año de agregado general (hormigón).

Estos depósitos están compuestos por material granular gravo arenoso pobremente gradados con escaso fino (hormigón), los mismos que son procesados en el mismo lugar, donde existe una planta procesadora que permite obtener piedra chancada de diferentes dimensiones así como arena gruesa. Las aguas que generan la esorrentía del Río Amojú, provienen de los pueblos de la parte alta de la ciudad (San Francisco, La Cascarilla, La Rinconada, Santa María, etc.), en los encontramos pequeños manantiales, puquios, generan el cauce del río.

El Río Amojú, desde sus inicios aguas arriba, se ve lleno de vegetación, y en temporadas lluviosas arrastra hasta la ciudad material orgánico que en el presente informe se debe de tener en cuenta para su análisis. Su geología corresponden a depósitos cuaternarios aluvio fluviales; suelos gravo arenosos con escasos finos, predominan elementos de formas redondeadas a sub redondeadas.

Derivan de la descomposición de rocas que conforman el basamento rocoso a lo largo del eje de la quebrada aguas arriba de la cantera, mayormente de origen volcánico perteneciente a la formación Oytún y en menor proporción calizas de la formación Chulec y areniscas del grupo Goyarisquizga.



Figura 3. Lecho del Río Amojú.

### **3.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS**

#### **3.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.010).**

##### **a. Equipos y materiales**

Balanza con sensibilidad de 0.1g y cuya capacidad no sea menor de 1kg.

Recipiente adecuado para colocar la muestra.

Estufa capaz de mantener una temperatura de 105°C a 110°C.

Recipiente. Se utiliza para introducir la muestra en el horno.

##### **b. Procedimiento.**

Se coloca la muestra húmeda a ensayar en un depósito adecuado determinándose dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda).

Llevar el recipiente con la muestra húmeda a una estufa, para secarla durante 24 horas a una temperatura de 110°C ± 5°C.

Pesar el recipiente con la muestra seca (peso recipiente + muestra seca) y determinar la cantidad de agua evaporada.

$$H = (\text{Peso recipiente} + M. \text{ Húmeda}) - (\text{Peso recipiente} + M. \text{ Seca})$$

Determinar luego el peso de la muestra seca.

$$MS = (\text{Peso recipiente} + M. \text{ Seca}) - (\text{Peso recipiente})$$

### **c. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.**

El tipo de análisis para esta investigación es estadístico descriptivo porque no se hace uso del cálculo de probabilidades y únicamente se limita a realizar deducciones directamente a partir de los datos y parámetros obtenidos.

Los datos se obtendrán de una muestra de agregado fino y grueso, los cuales se analizarán en un laboratorio de suelos mediante ensayos, procesándose y presentándose los resultados mediante tablas.

### **3.1.2. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (ASTM C 128).**

#### **a. Equipos y materiales.**

##### **Agregado Fino**

Balanza con sensibilidad 1 g y capacidad de 5 kg.

Frasco volumétrico (fiola con capacidad de 500cm<sup>3</sup>.)

Molde cónico, metálico de  $\varnothing < 4\text{cm}$  y  $\varnothing > 8\text{cm}$  y con una altura de 9cm.

Varilla de metal con un extremo redondeado.

Estufa, capaz de mantener una temperatura constante de 110 °C.

Probeta.

Secadora.

##### **Agregado Grueso**

Balanza.

Canastilla.

Horno.

#### **b. Procedimiento.**

##### **Agregado Fino**

Por el método del cuarteo se selecciona aproximadamente 1.0 kg 2.0 Kg de agregado, y se seca a 110°C hasta peso constante.

Se sumerge la muestra en agua durante 24 horas.

Saque la muestra del agua y se extiende la muestra sobre una superficie no absorbente exponiéndola a aire caliente y se agita o remueve para seguir el secado uniforme. También se puede ir secando utilizando una secadora de pelo.

Continúe esta operación hasta que los granos de agregado no se adhieran entre sí marcadamente.

Se coloca la muestra en un molde cónico y se consolida con 25 golpes de pisón en 3 capas. En la primera capa 8 golpes, en la segunda también y en la última 9.

Si existe humedad libre el cono con A.F mantendrá su forma, siga secando y revolviendo constantemente y pruebe a intervalos hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde, esto indica que el agregado a alcanzado la condición saturado superficialmente sedo SSS.

Introduzca 500.0 g de la muestra SSS en una envase de volumen conocido, la cual se agregara previamente 100 cm<sup>3</sup> de agua y luego agregar o completar hasta los 500 cm<sup>3</sup> indicados en la picnómetro eliminando las burbujas de aire (agitando).

Se retira la muestra con cuidado de la probeta y se seca en el horno a 105°C por 24 horas, luego se enfría la muestra a temperatura constante y luego se pesa. Siendo este último peso  $W_a$ .

### **Agregado Grueso**

Seleccionamos una muestra cuarteada seca (6.0 Kg aproximadamente), sumergir esta muestra en agua por 24 horas.

Luego se procede a secar la muestra sobre una superficie ya sea con un secador o de manera natural (con el aire o el sol); moviendo de tal manera que pueda secarse toda la superficie del agregado.

A diferencia que el agregado fino ya no se le hace la prueba para ver si la muestra se encuentra en estado de SSS, sino es por simple observación.

Después pesamos una determinada cantidad .Esa muestra vendría a ser el peso al aire en estado de SSS. Para pesar utilizamos una canastilla, previamente pesando ésta para poder restarle su peso.

Nuevamente sumergimos la muestra en el agua, obteniendo así el peso de la muestra sumergida SSS.

Y por último colocamos la muestra al horno por 24 horas, obteniéndose el peso en el aire de la muestra seca al horno.

### **c. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.**

Los datos se obtendrán de una muestra de agregado fino y grueso, los cuales se analizaran en un laboratorio de suelos mediante ensayos, procesándose

los resultados mediante tablas.

### **3.1.3. PESO UNITARIO VOLUMETRICO DE AGREGADOS (ASTM C 29).**

#### **a. Equipos y materiales.**

Balanza

Barra compactadora de acero, circular, recta, de 5/8" de diámetro y 80 cm. de largo, con un extremo redondeado.

Recipiente cilíndrico y de metal, suficientemente rígido para no sufrir deformaciones.

Muestra en estado seco.

#### **b. Procedimiento.**

##### **Agregado fino.**

##### **El Peso Unitario Volumétrico Suelto**

Para la determinación del peso unitario, la muestra deberá estar completamente mezclada y secada temperatura ambiente.

Pesamos el recipiente que vamos a utilizar en el ensayo ( $W_r$ ).

Seleccionamos el agregado fino del cual se va a determinar su P.U.V.

Llenamos el recipiente dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5 cm. por encima del borde superior del recipiente.



Figura 4. Llenando el recipiente con el agregado fino

Eliminamos el excedente del agregado con la varilla compactadora.

Determinamos el peso de la muestra más el recipiente ( $W_m + r$ ).

Determinamos el peso de la muestra y luego calculamos el P.U.V. mediante la fórmula mencionada anteriormente

### **Peso Unitario Volumétrico Compactado.**

Pesamos el recipiente que vamos a utilizar en el ensayo ( $W_r$ ).

Seleccionamos el agregado fino del cual se va a determinar su P.U.V.

Llenamos el recipiente hasta la tercera parte dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5 cm. por encima del borde superior del recipiente.

Apisonamos la muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.

Llenamos hasta  $2/3$  partes del recipiente y compactar nuevamente con 25 golpes como antes.

Llenamos la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora (varilla) de acero de 16 mm. de ancho y 60 cm., de longitud).

Enrazamos el recipiente utilizando la barra compactadora o con una regla y desechando el material sobrante.

Determinamos el peso de la muestra compactada más el recipiente ( $W_{m+r}$ ).

Determinamos el peso de la muestra compactada y luego calculamos el P.U.V. mediante la fórmula mencionada anteriormente.

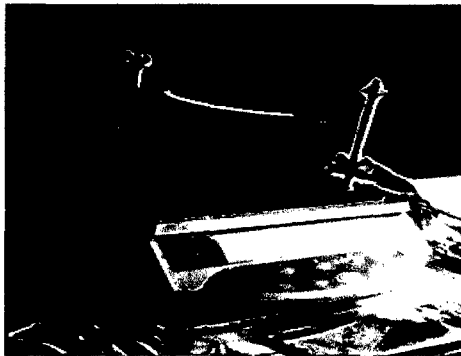


Figura 5. Peso de la muestra compactada.

### **Agregado grueso.**

#### **Peso unitario compactado**

Llenar el recipiente hasta la tercera parte y nivelar la superficie con la mano, apisonar la muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Llenar hasta  $2/3$  partes del recipiente y compactar nuevamente con 25 golpes como antes. Luego se llenará la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora (varilla) de acero de 16 mm. de ancho y 60 cm., de longitud),

se enrasa el recipiente utilizando la barra compactadora como regla y desechando el material sobrante.

Cuando se apisona la primera capa, se procurará que la barra no golpee el fondo, pues sólo se empleará una fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre en la última capa del agregado colocado en el recipiente.

Seguidamente se determinará el peso neto del agregado en el recipiente ( $W_a$ ), para finalmente obtener el peso unitario compacto del agregado al multiplicar dicho peso por el factor ( $f$ ) calculado anteriormente o el volumen interior del molde.



Figura 6. Pesado de la muestra compactada.

### **Peso Unitario Suelto**

Llenar el recipiente con una pala hasta rebosar, dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5 cm. por encima del borde superior del recipiente.

Tomar las precauciones necesarias para impedir en lo posible la segregación de las partículas. Eliminar el excedente del agregado con una reglilla. Determinar el peso neto del agregado en el recipiente ( $W_s$ ).

### **c. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.**

Los datos se obtendrán de una muestra de agregado fino y grueso, los cuales se analizarán en un laboratorio de suelos mediante ensayos, procesándose los resultados mediante tablas.

#### **3.1.4. ABRASIÓN POR LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (ASTM C-131).**

##### **a. Materiales y Equipos**

Máquina de los Ángeles.

Balanza con sensibilidad a 1g.

##### **b. Procedimiento.**

Se coloca la muestra de ensayo y la carga abrasiva en la máquina de los Ángeles y se gira a una velocidad de 30 a 33 r.p.m durante 500 revoluciones. La máquina estará accionada y equilibrada de manera tal, que mantenga una velocidad periférica sustancialmente uniforme, puesto que de lo contrario puede arrojar resultados diferentes. Cumplido el número de revoluciones prescritas se descarga el material y se hace una separación preliminar de la muestra en un tamiz cuya abertura sea mayor que el tamiz N°12. Luego se cierra la porción más fina en el tamiz N° 12, para evitar que el porcentaje de desgaste resulte aproximadamente un 0,2% menor que el valor real, y luego se saca a temperatura de 105° a 110 °C hasta un peso sustancialmente constante y se pesa con aproximación de 1 g.

El porcentaje de desgaste (De) está dado por la diferencia entre el peso original (Wo) y el peso final (Wf), expresado como porcentaje del primero.

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

Dónde:

Wo = peso original de la muestra (g)

Wf= peso final de la muestra (g)

De= porcentaje de desgaste (%).





Figura 7. Colocando las esferas dentro de la tolva de la máquina.

### **c. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.**

Los datos se obtendrán de una muestra de 5000 g de agregado grueso, los cuales pasaran por un proceso de desgaste por la máquina de los ángeles, procesándose los resultados mediante tablas.

### **3.4.5. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.**

#### **a. Equipos y Materiales.**

Una balanza con sensibilidad a 1g.

Juego de tamices conformados por los N°: 4, 8, 16, 30, 50 y 100 (agregado Fino).

Juego de Tamices conformadas por 3", 1 ½", ¾", ¾", N°4 (agregado grueso)

Una estufa a temperatura constante de 110°C.

#### **b. Procedimiento.**

##### **Para el agregado grueso.**

Se tomó cierta cantidad de material y se colocó dentro de una estufa durante 24 horas con lo que se logró el secado del material.

Se pesó 3734.00 g de agregado grueso.

Luego se definió los tamices, los cuales son: 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N° 4.

Se vierte el material sobre esta serie de tamices, se procede a pesar y registrar los pesos retenidos en cada uno de los tamices.

### **Para el agregado fino.**

Se tomó cierta cantidad de material y se colocó dentro de una estufa durante 24 horas con lo que se logró el secado del material.

Se pesó 500 g de agregado.

Con una serie de tamices se confeccionó una escala descendente en aberturas, dichos tamices fueron: N°4, N°8, N°10, N°16, N°20, N°30, N°40, N°50, N°80, N°100, N°200.

Se vierte el material sobre esta serie de tamices, se procede a pesar y registrar los pesos retenidos en cada uno de los tamices.

### **c. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.**

Los datos se obtendrán de una muestra de agregado fino y grueso, los cuales se analizarán en un laboratorio de suelos mediante ensayos, procesándose los resultados mediante tablas y gráficas.

### **3.4.6. CONTAMINACIÓN DE LOS AGREGADOS (MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 200)-ASTMC33.**

Este método describe un procedimiento para determinar por vía húmeda, el porcentaje que pasa el tamiz N° 200.

#### **a. Equipos y materiales**

Balanza, que permita lecturas de por lo menos 0,1 % del peso de la muestra a ensayar.

Tamices para determinar la muestra de ensayo; se utilizarán las mallas N° 4, 3/8", 1 1/2" y para el lavado de dicha muestra las mallas N° 200 y N° 16.

Envase de tamaño suficiente para contener la muestra cubierta por agua y que además permita una agitación vigorosa, sin pérdida de parte alguna de la muestra o además permita una agitación vigorosa, sin pérdida de parte alguna de la muestra o del agua.

Estufa de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura uniforme de 110  $\pm$  5°C.

### **Muestra de ensayo.**

Después de mezclar completamente el material, seleccione la muestra de ensayo, a la cual podrá agregarse el agua suficiente a fin de evitar la segregación. La muestra de ensayo deberá tener los siguientes pesos mínimos según el tamaño máximo del agregado presente en la tabla 6.

Tabla 6. Peso mínimo de la muestra de ensayo.

<b>TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO</b>		<b>PESO MININO DE LA MUESTRA DE ENSAYO</b>
<b>(mm)</b>	<b>NOMINAL</b>	<b>(g)</b>
2.36	N° 8	100
4.76	N° 4	500
9.51	3/8"	2,000
19.00	3/4"	2,000
37.50	1 1/2" o mayor	5,000

Fuente: ASTM C33

### **b. Procedimiento**

Seca la muestra de ensayo, a una temperatura de °C  $\pm$  5°C hasta que dos pesadas sucesivas, a intervalos de una hora de secado no difieran en más de 0,1%.

Después de secada y pesada, coloque la muestra de ensayo en el envase y agréguele agua en cantidad suficiente para separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz N° 200 y hacer que estas queden en suspensión. Vierta de inmediato el agua que contiene los sólidos suspendidos y disueltos en el juego de tamices (N° 16, N° 200), evitando en lo posible decantación de las partículas más gruesas de la muestra.

Agregue agua nuevamente, a la muestra que se halla en el envase, agite y decante como el caso anterior. Repita esta operación hasta que el agua de lavado sea clara.

Devuelva todo el material retenido en el juego de tamices a la muestra lavada. Seque el agregado hasta peso constante a temperatura de 110°  $\pm$  5°C y pese con aproximación de 0,1% del peso de la muestra.

La cantidad de material que pasa el tamiz N° 200 se calcula de la siguiente manera

$$F = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100$$

Dónde:

F = Porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200.

W<sub>0</sub> = peso seco de la muestra original (g).

W<sub>1</sub> = peso seco de la muestra después del lavado (g).

### **c. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.**

Los datos se obtendrán de una muestra de agregado fino y grueso, los cuales se analizarán en un laboratorio de suelos mediante tamices graduados, procesándose los resultados mediante tablas.

### **3.4.7. DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN EL A.C.I.**

Pasos básicos para diseñar una mezcla de concreto

#### **Procedimiento**

##### **a. Recaudar el siguiente conjunto de información**

De los agregados: peso específico, absorción, humedad, peso unitario, granulometría, módulo de finura.

Del cemento: tipo peso específico, peso unitario.

Del elemento a vaciar: tamaño y forma de las estructuras.

Resistencia a la compresión: especificada y requerida.

Resistencia a la Flexión: especificada y requerida

Condiciones ambientales durante el vaciado

##### **b. Determinar la resistencia requerida**

Esta resistencia va estar en función a la experiencia del diseñador o la disponibilidad de información que tenga el mismo, pero siempre vamos a tener que diseñar para algo más de resistencia de tal manera que solo un

pequeño porcentaje de las muestras (normalmente el 1%, según el ACI) puedan tener resistencias inferiores a la especificada.

El comité ACI 318 - 99 muestra tres posibles casos que se podrían presentar al tratar de calcular la resistencia requerida  $f'_{cr}$ .

Caso 1: si se contarán con datos estadísticos de producción en obra así como resultados de la rotura de probetas

Caso 2: no contamos con suficientes datos estadísticos (entre 15 y 30 resultados)

Caso 3: contamos con escasos (menos de 15 ensayos) o ningún dato estadístico.

Para esta investigación no se cuenta con ningún dato estadístico porque el caso que utilizaremos para el diseño de mezclas será el caso 3.

Para este caso el comité del ACI nos indica aplicar la siguiente tabla 7 para determinar el  $f'_{cr}$ .

Tabla 7. Esfuerzo más su factor de seguridad

$f'_{c}$ específico	$f'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
<210	$f'_{c} + 70$
210 a 350	$f'_{c} + 84$
>350	$f'_{c} + 98$

Fuente: ACI 211

**c. Seleccionar el tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN).**

La mayoría de veces son las características geométricas y las condiciones de refuerzo de las estructuras las que limitan el tamaño máximo del agregado que pueden utilizarse, pero a la vez existen también consideraciones a tomar en cuenta como la producción, el transporte y la colocación del concreto que también pueden influir en limitarlo.

Para este caso el TMN del agregado grueso es 1”.

#### d. Selección del asentamiento.

Si el asentamiento no se encuentra especificado entonces se puede partir con los valores indicados en la tabla 8 (tipo de estructura).

Tabla 8. Asentamiento según tipo de estructuras.

TIPO DE ESTRUCTURA	ASENTAMIENTOS EN PULGADAS	
	Máximo *	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzada.	3	1
Cimentaciones simples, cajas y sub-estructuras de muro.	3	1
Vigas y muros armados.	4	1
Columnas de edificios.	4	1
Losas y pavimentos.	3	1
Concreto ciclópeo.	2	1

Fuente: ACI 211

#### e. Determinación del contenido de aire.

El ACI 211 establece una tabla que proporciona aproximadamente el porcentaje de contenido de aire atrapado en una mezcla de concreto en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso. La tabla 9, indica la cantidad aproximada de contenido de aire atrapado que se espera encontrar en concretos sin aire incluido.

Tabla 9. Determinación del contenido de aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire atrapado %
3/8"	3,0
1/2"	2,5
3/4"	2,0
1"	1,5
1 1/2"	1,0
2"	0,5
3"	0,3
4"	0,2

Fuente: ACI 211

#### f. Determinación del volumen de agua.

La cantidad de agua (por volumen unitario de concreto) que se requiere para producir un asentamiento dado, depende del tamaño máximo de agregado, de la forma de las partículas y gradación de los agregados y de la cantidad de aire incluido según la tabla 10

Tabla 10. Determinación del volumen de agua.

ASENTAMIENTO	AGUA EN L/M3 DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-

Fuente: ACI 211

#### g. Selección de la relación agua/cemento.

La relación a/c requerida se determina no solo por los requisitos de resistencia, sino también por los factores como la durabilidad y propiedades para el acabado. Puesto que distintos agregados y cementos producen generalmente resistencias diferentes con la misma relación a/c, es muy conveniente conocer o desarrollar la relación entre la resistencia y la relación a/c de los materiales que se usaran realmente según la tabla 11.

Tabla 11. Relación agua/cemento.

<b>RELACIÓN AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO EN CONCRETOS CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS.</b>	
<b>f'cr (kg/cm2)</b>	<b>A/C</b>
450	0,3
400	0,43
350	0,48
300	0,55
250	0,62
200	0,70
150	0,80

Fuente: ACI 211

#### **h. Cálculo del contenido de cemento.**

Se obtiene dividiendo los valores hallados en los pasos (f) / (g).

#### **i. Cálculo de los pesos de los agregados.**

Está en función del método de diseño específico a emplear o basado puntualmente en alguna teoría de combinación de agregados.

#### **j. Presentar el diseño de mezcla en condiciones secas.**

El volumen del agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del agregado fino se presenta según tabla 12.

Tabla 12. Volumen del agregado grueso según módulo de finura

<b>Tamaño máximo nominal del agregado grueso</b>	<b>Volumen de Agregado Grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino</b>			
	<b>2,40</b>	<b>2,60</b>	<b>2,80</b>	<b>3,00</b>
3 / 8 "	0,50	0,48	0,46	0,44
1 / 2 "	0,59	0,57	0,55	0,53
3 / 4 "	0,66	0,64	0,62	0,60
1 "	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2 "	0,76	0,74	0,72	0,70
2 "	0,78	0,76	0,74	0,72
3 "	0,81	0,79	0,77	0,75
6 "	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: ACI 211

#### **k. Corrección por humedad del diseño de mezclas en estado seco.**

Hay que tener en cuenta la humedad de los agregados para pesarlos correctamente. Generalmente los agregados están húmedos y a su peso seco debe sumarse el peso del agua que contienen, tanto absorbida como superficial.

Corrección por humedad del diseño de mezcla en estado seco

$$\text{Peso Agregado Húmedo} = \text{Peso Agregado Seco} * (1 + \text{C.H.} (\%))$$

Dónde:

C.H. (%): Contenido de humedad del agregado



## **I. Cálculo del agua efectiva.**

El agua a utilizarse en la mezcla de prueba debe incrementarse o reducirse en una cantidad igual a la humedad libre que contiene el agregado, esto es, humedad total menos absorción. Para esto se utilizará la siguiente fórmula.

### **Aporte de humedad agregados**

Aporte Hum. Agregados = Peso Agregado Seco \* (% C:H. - % Abs)

Entonces:

### **Cálculo del agua Efectiva.**

Agua Efectiva = Agua de Diseño – Aporte Hum. Agregados

## **m. Presentar el diseño de mezclas en condiciones húmedas.**

### **Realizar los ajustes a las mezclas de pruebas**

Para obtener las proporciones de la mezcla de concreto que cumpla con las características deseadas, con los materiales disponibles.

Se prepara una primera mezcla de prueba con unas proporciones iniciales que se determinan siguiendo los pasos que a continuación se indican.

A esta mezcla de prueba se le mide su consistencia y se compara con la deseada: si difieren, se ajustan las proporciones.

Se prepara, luego, una segunda mezcla de prueba con las proporciones ajustadas, que ya garantiza la consistencia deseada; se toman muestras de cilindro de ella y se determina su resistencia a la compresión; se compara con la resistencia deseada y si difieren, se reajustan las proporciones.

Se prepara una tercera mezcla de prueba con las proporciones reajustadas que debe cumplir con la consistencia y la resistencia deseada; en el caso de que no cumpla alguna de las condiciones por algún error cometido o debido a la aleatoriedad misma de los ensayos, pueden ser ajustes semejantes a los indicados hasta obtener los resultados esperados.

### **3.4.7. PRUEBA DE ESPECÍMENES A LA COMPRESIÓN.**

Para esta prueba se utilizara especímenes estándar cilíndricos de 6" de diámetro por 12" de altura.

El método utilizado es el destructivo.

#### **a. Equipos empleados**

Kaping CT – 55.

Olla especial para la preparación del Kaping.

Prensa hidráulica a la compresión

Deflectómetro

Balanza.

#### **b. Procedimiento**

Luego que los especímenes cilíndricos han sido curados convencionalmente y una vez cumplida la edad específica por las normas (28 días), se le somete a esfuerzos de compresión de la siguiente manera:

Primeramente se calienta el Kaping CT – 55, en una olla especial, hasta que este se disuelva. En seguida este se coloca una capa adecuada de esta sustancia en las dos superficies planas del espécimen, utilizando para esto el molde de cabeceado y conseguir de esta manera una distribución uniforme de esfuerzos.

Prosiguiendo, se coloca el espécimen refrenado por Kaping, cabeceado en la prensa hidráulica y se aplica la carga con una velocidad constante, comprendida entre 1,4 – 3,8 kg/cm<sup>2</sup>/seg, se registra.

#### **c. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.**

Los datos se obtendrán de 15 probetas de concreto, las cuales tienen una dosificación para diseño de un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, se somete a esfuerzo de compresión a través de la prensa hidráulica, procesándose los resultados mediante tablas.

## CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISIS.

#### 4.1.1 CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.010).

##### CÁLCULO Y RESULTADOS:

Si Denotamos como:

H : Peso del agua evaporada = [(Peso recipiente + M. Húmeda) - (Peso recipiente +M. seca)]

MS : Peso de la muestra seca

Entonces:

El contenido de humedad (%) estará dado por:

$$w(\%) = \frac{H}{MS} \times 100$$

W (%): Porcentaje de humedad.

##### **Agregado Fino**

En la tabla 13, se presentan los datos de tres muestras, las cuales han sido analizadas cuidadosamente en el laboratorio de suelos llegando a un resultado promedio de contenido de humedad.

Tabla 13. Contenido de humedad del agregado fino.

N° DE MUESTRAS	1	2	3
PESO DE TARA (g)	31,25	31,25	31,25
PESO DE TARA + MUESTRA HÚMEDA (g)	156,92	157,02	156,87
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (g)	153,11	154,65	153,07
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3,13	1,92	3,12
<b>PROMEDIO W%</b>		<b>2,72</b>	

##### **Agregado Grueso.**

En la tabla 14, se presentan los datos de tres muestras, las cuales han sido analizadas cuidadosamente en el laboratorio de suelos llegando a un resultado promedio de contenido de humedad del agregado grueso.

Tabla 14. Contenido de humedad del agregado grueso.

N° DE MUESTRAS	1	2	3
PESO DE TARA (g)	79,53	79,53	79,53
PESO DE TARA + MUESTRA HÚMEDA (g)	1172,70	1180,89	1040,00
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (g)	1166,30	1174,76	1035,00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0,59	0,56	0,52
<b>PROMEDIO W%</b>	<b>0,56</b>		

#### 4.1.2. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS (ASTM C 128).

#### CÁLCULO Y RESULTADOS

##### Agregado Fino

En la tabla 15, se presenta los datos que se obtiene en el laboratorio de suelos, nos servirá para obtener los resultados deseados.

Tabla 15. Datos para peso específico y absorción agregado fino.

I.- DATOS	Peso (g)	Símbolo.
1 PESO DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA.	500,0	S
2 PESO DEL PICNÓMETRO Y AGUA AL RAS	861,0	B
3 PESO DEL PICNÓMETRO MAS MUESTRA Y MAS AGUA AL RAS	1169,0	C
4 PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	489,0	A

En la tabla 16, se presenta los resultados procesados para el peso específico y absorción del agregado fino.

Tabla 16. Resultados para peso específico y absorción agregado fino.

5	PESO ESPECIFICO DE MASA: P.E.M. $A/(B+S-C)$	$(g/cm^3)$	2,55
6	P.E. DE MASA SATURADA P.E.M.S.S.S. $(S/(B+S-C))$	$(g/cm^3)$	2,60
7	PESO ESPECIFICO APARENTE P.E.A. $: A/(A+B-C)$	$(g/cm^3)$	2,70
8	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS $((S-A)/A)*100$		2,25%

##### Agregado Grueso.

En la tabla 17, se presentan los datos obtenido en el laboratorio de suelos para el peso específico y absorción del agregado grueso.

Tabla 17. Dato para peso específico y absorción agregado grueso.

1	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	4000
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SSS	4036,70
3	PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA	2543,80

Tabla 18. Resultados para peso específico y absorción agregado grueso.

4	PESO ESPECIFICO DE MASA: P.E.M. $1/(2-3) \text{ (g/cm}^3\text{)}$	2,68
5	P.E. DE MASA SATURADA SSS $P.E.M.S.S.S.(2/(2-3)) \text{ (g/cm}^3\text{)}$	2,70
6	PESO ESPECIFICO APARENTE P.E.A. $: 1/(1-3) \text{ (g/cm}^3\text{)}$	2,75
7	PORCENTAJE DE ABSORCION: $\%ABS((2-1)/1)*100$	0,92%

#### 4.1.3. PESO UNITARIO VOLUMETRICO DE AGREGADOS (ASTM C 29). CÁLCULO Y RESULTADOS

##### Agregado Fino

Tabla 19. Peso unitario volumétrico del agregado fino

ENSAYO	1	2	3
PESO DEL MOLDE (g)	6078,00	6078,00	6078,00
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2159	2159	2159
PESO DE LA MUESTRA SIN VARILLAR + MOLDE (g)	9559,00	9535,00	9576,00
PESO DE LA MUESTRA VARILLADO + MOLDE (g)	9891,00	9885,00	9879,00
PESO UNITARIO SUELTO SECO (g/cm <sup>3</sup> )	1,612	1,601	1,620
<b>PROMEDIO P.u. s. s.</b>		<b>1,611</b>	
PESO UNITARIO SECO VARILLADO (g/cm <sup>3</sup> )	1,766	1,763	1,761
<b>PROMEDIO P.u. s. v.</b>		<b>1,763</b>	

##### Agregado Grueso

Tabla 20. Peso unitario volumétrico del agregado grueso

ENSAYO	1	2	3
PESO DEL MOLDE (g)	6078,00	6078,00	6078,00
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2159	2159	2159
PESO DE LA MUESTRA SIN VARRILLAR + MOLDE (g)	9071,0	9062,0	9078,0
PESO DE LA MUESTRA VARRILLADO + MOLDE (g)	9421,0	9415,0	9427,0
PESO UNITARIO SUELTO SECO (g/cm <sup>3</sup> )	1,386	1,382	1,390
<b>PROMEDIO P.u. s. s.</b>		<b>1,386</b>	
PESO UNITARIO SECO VARRILLADO (g/cm <sup>3</sup> )	1,548	1,546	1,551
<b>PROMEDIO P.u. s. v.</b>		<b>1,548</b>	

#### 4.1.4. ABRASIÓN POR LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (ASTM C-131).

$$De = \frac{W_o - W_f}{W_o} * 100$$

W<sub>o</sub>: Peso original de la muestra.

W<sub>o</sub>: 5000 g

W<sub>f</sub>: Peso final de la muestra

W<sub>f</sub>: 4013 g

Reemplazando formula.

$$De = \frac{5000 - 4013}{5000} * 100 = 19,74\%$$

#### 4.1.5. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

##### CÁLCULO Y RESULTADOS.

En la tabla 21, se presenta los pesos retenidos parciales, porcentaje retenido parciales, porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que pasa los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N° 200 para el ensayo de granulometría del agregado fino.

Tabla 21. Análisis granulométrico del agregado fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO						
N°	(mm)	PRP (g)	%RP	%RA	% PASA	QUE
3/8	9,51	0,00	0,00	0,00	100	
N° 4	4,76	70,66	14,13	14,13	85,87	
N° 8	2,36	59,89	11,98	26,11	73,89	
N° 16	1,18	61,46	12,29	38,40	61,60	
N° 30	0,6	84,92	16,98	55,39	44,61	
N° 50	0,30	131,54	26,31	81,69	18,31	
N° 100	0,15	68,38	13,68	95,37	4,63	
N° 200	0,08	16,90	3,38	98,75	1,25	
CAZOL.		6,25	1,25	100	0,00	
TOTAL		500				

### Calculando el Modulo de Finura

$$M.F = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acumulado}(N^{\circ}4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

$$M.F = 3,11 \%$$

### Tamaño Máximo Nominal (TMN=1")

Según Tabla 1. Graduación del agregado fino se tomó en cuenta los límites del grupo M ya que el agregado fino está dentro de los parámetros especificados, clasificándose como una arena intermedia.

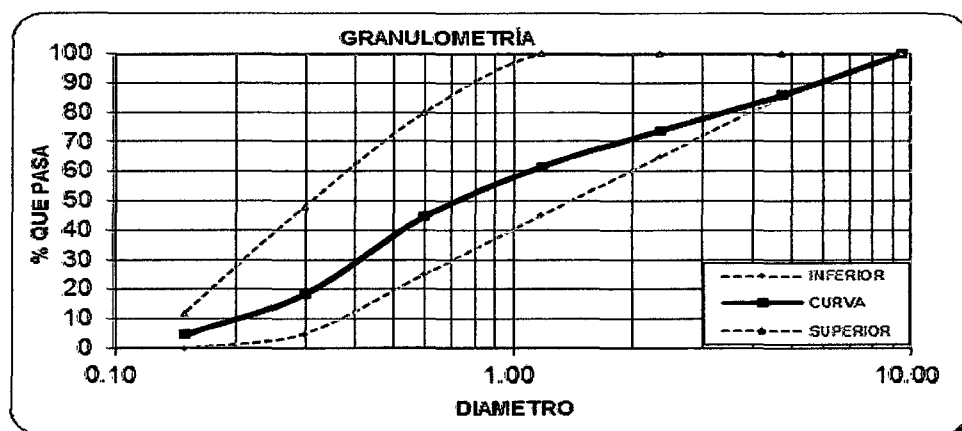


Figura 8. Grafica de límites del grupo M en el agregado fino.

En la tabla 22, se presenta los pesos retenidos parciales, porcentaje retenido parciales, porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que las mallas 1", 3/4", 1/2", 3/8", para el ensayo de granulometría del agregado grueso.

Tabla 22. Análisis granulométrico del agregado grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO					
N°	(mm)	PRP (g)	%RP	%RA	% QUE PASA
2	50	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	100
1	25,4	210	4,28	4,28	95,72
3/4	19	1356	27,64	31,92	68,08
1/2	12,7	1679	34,22	66,14	33,86
3/8	9,51	1655	33,73	99,87	0,12
N° 4	4,76	0	0	99,89	0,12
N° 8	2,36	0	0	99,88	0,12
CAZOL.		6	0,12	100	0
<b>TOTAL</b>		<b>4906</b>			

En el ensayo de granulometría del agregado grueso se utilizó los parámetros especificados en el grupo N° 56, según la normal ASTM C 33 y la tabla 2, por tener un tamaño máximo nominal de 1", el cual cumple dichos parámetros establecidos, como se muestra en la figura 9.

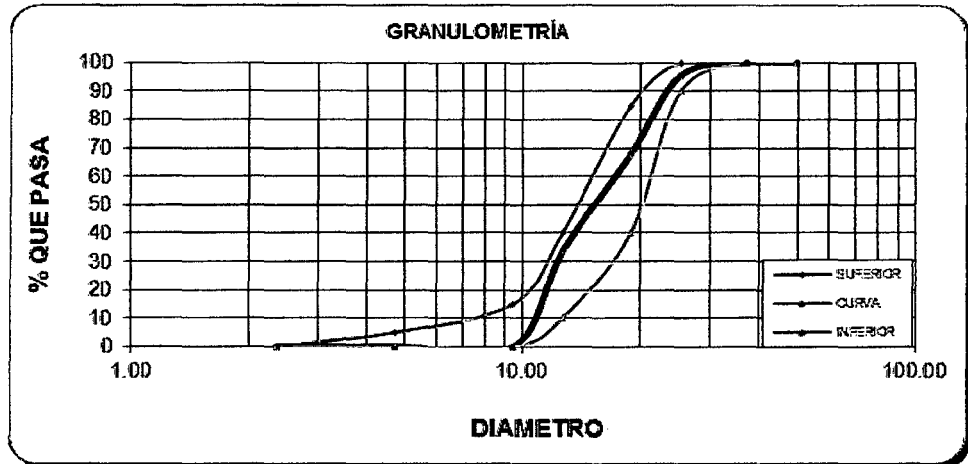


Figura 9. Grafica de límites del grupo N° 56 en el agregado grueso.

#### 4.1.6. CONTAMINACIÓN DE LOS AGREGADOS (MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 200)-ASTMC33.

#### CÁLCULO Y RESULTADOS.

##### Agregado Fino.

Tabla 23. Contaminación para el agregado fino.

ENSAYO N°	1
Peso seco de la muestra original (g)	500
Peso de la muestra Lavada (g)	481,5
Peso del material que pasa tamiz N°200 (g)	18,5
% de material que pasa tamiz N° 200	3,70%

##### Agregado Grueso.

Tabla 24. Contaminación para el agregado grueso.

ENSAYO N°	2
Peso seco de la muestra original (g)	6238
Peso seco de la muestra lavada (g)	6206
Peso del material que pasa el tamiz N°200 (g)	32
% de material que pasa tamiz N° 200	0,51%



#### 4.1.7. DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN EL ACI.

En la Tabla 25, se muestra las cantidades de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de una bolsa de cemento y las proporciones en peso de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado.

Tabla 25. Resultados del diseño de Mezclas.

<b>Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento.</b>	<b>Cemento</b>	:	<b>42,50</b>	<b>kg / bol</b>
	Agua de diseño	:	23,37	lt / bol
	Agregado Fino seco	:	104,74	kg /bol
	Agregado Grueso seco	:	119,99	kg / bol
<b>Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado</b>	<b>Cemento</b>	:	<b>1</b>	
	Agregado fino seco	:	2,46	
	Agregado grueso seco	:	2,82	
	Agua de Diseño	:	23,37	lt / bol

#### 4.1.8. PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Tabla 26. Valores de esfuerzos a compresión según el número de días.

<b>ROTURA DE TESTIGOS DE CONCRETO A COMPRESIÓN SIMPLE</b>											
Edad	Código	Diámetro	Area	Carga en libras	carga en kg	Esfuerzo real	Esfuerzo nominal	% Nominal	%Real	Déficit %	peso (kg)
7	PC(210)	15,2	181,46	64000	29030,21	159,98	136,5	65	76	11	13,10
7	PC(210)	15,2	181,46	65000	29483,81	162,48	136,5	65	77	12	13,67
7	PC(210)	15,2	181,46	65000	29483,81	162,48	136,5	65	77	12	13,46
7	PC(210)	15,2	181,46	64000	29030,21	159,98	136,5	65	76	11	13,67
7	PC(210)	15,2	181,46	65000	29483,81	162,48	136,5	65	77	12	13,46
14	PC(210)	15,2	181,46	90500	41050,53	226,23	136,5	65	108	43	13,10
14	PC(210)	15,2	181,46	92000	41730,93	229,98	136,5	65	110	45	13,67
14	PC(210)	15,2	181,46	91000	41277,33	227,48	136,5	65	108	43	13,46
14	PC(210)	15,2	181,46	91500	41504,13	228,73	136,5	65	109	44	13,67
14	PC(210)	15,2	181,46	92000	41730,93	229,98	136,5	65	110	45	13,46
28	PC(210)	15,2	181,46	115000	52163,66	287,47	136,5	65	137	72	13,67
28	PC(210)	15,2	181,46	114500	51936,86	286,22	136,5	65	136	71	13,46
28	PC(210)	15,2	181,46	115000	52163,66	287,47	136,5	65	137	72	13,67
28	PC(210)	15,2	181,46	116000	52617,25	289,97	136,5	65	138	73	13,46
28	PC(210)	15,2	181,46	115500	52390,46	288,72	136,5	65	137	72	13,10

**TABLA 27. RESULTADO DE RESINTENCIAS A COMPRESION CONCRETO PATRON F'C=210 KG/CM<sup>2</sup>**

FECHA : JAÉN NOVIEMBRE DEL 2014

Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método de Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. NTP 339.034 2008

Identificación : Concreto patron f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>

F'cr=294 kg/cm<sup>2</sup>

Muestra N°	IDENTIFICACION	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Diametro (D) (cm)	R <sub>LD</sub>	Factor Correc.	Carga (P) (kg)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm) <sup>2</sup>	f'c Promedio (kg/cm) <sup>2</sup>	f'c Diseño (kg/cm) <sup>2</sup>	(%)
1	M1 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	22/10/2014	7	30,00	15,20	1,97	1	29030	5	159,98	161,48	294	54,9
2	M2 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	22/10/2014	7	30,00	15,20	1,97	1	29484	2	162,48		294	54,9
3	M3 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	22/10/2014	7	30,00	15,20	1,97	1	29484	5	162,48		294	54,9
4	M4 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	22/10/2014	7	30,00	15,20	1,97	1	29030	3	159,98		294	54,9
5	M5 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	22/10/2014	7	30,00	15,20	1,97	1	29484	3	162,48		294	54,9
6	M6 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	29/10/2014	14	30,00	15,20	1,97	1	41051	2	226,23	228,48	294	77,7
7	M7 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	29/10/2014	14	30,00	15,20	1,97	1	41731	3	229,98		294	77,7
8	M8 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	29/10/2014	14	30,00	15,20	1,97	1	41277	3	227,48		294	77,7
9	M9 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	29/10/2014	14	30,00	15,20	1,97	1	41504	5	228,73		294	77,7
10	M10 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	29/10/2014	14	30,00	15,20	1,97	1	41731	5	229,98		294	77,7
11	M11 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	12/11/2014	28	30,00	15,20	1,97	1	52164	5	287,47	287,97	294	97,9
12	M12 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	12/11/2014	28	30,00	15,20	1,97	1	51937	2	286,22		294	97,9
13	M13 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	12/11/2014	28	30,00	15,20	1,97	1	52164	2	287,47		294	97,9
14	M14 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	12/11/2014	28	30,00	15,20	1,97	1	52617	5	289,97		294	97,9
15	M15 CP-F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup>	15/10/2014	12/11/2014	28	30,00	15,20	1,97	1	52390	5	288,72		294	97,9

En la figura 10 se muestra la grafica de resultados a los 7, 14 y 28 sometido un concreto convencional a esfuerzos de compresión.

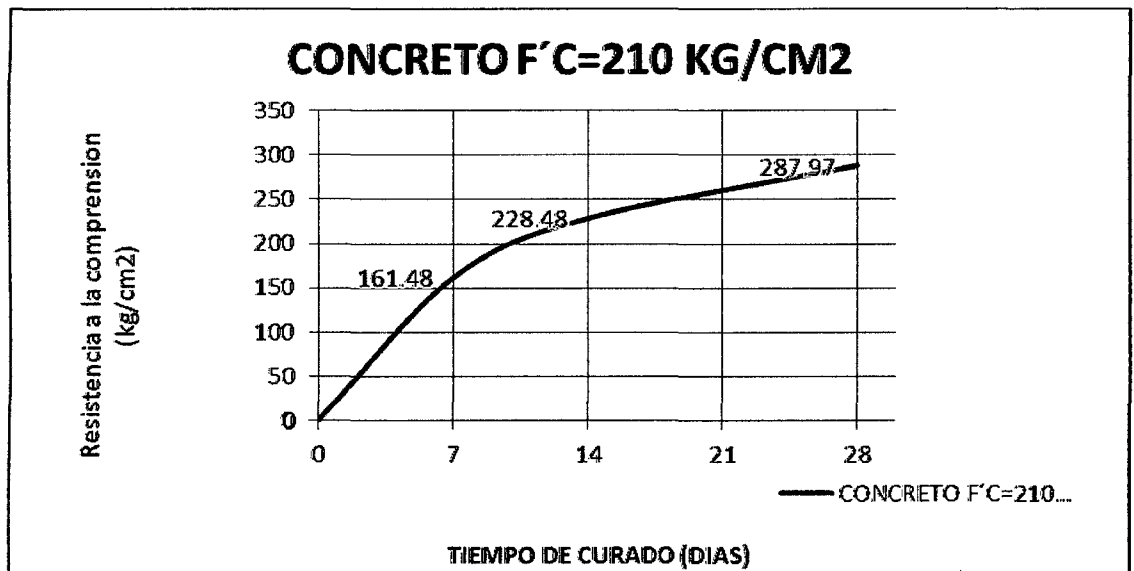


Figura 10. Grafica de resistencia a la compresión.

## 4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Se obtendrá muestras de la cantera Santa Rosa, las mismas que serán analizadas para determinar sus propiedades físicas y mecánicas.

### 4.2.1 TIPOS DE ANÁLISIS

Se hizo el respectivo trabajo de campo para la recolección de muestras de agregados fino y grueso para realizar los siguientes ensayos.

#### Análisis Físicos.

Contenido de humedad, peso específico y absorción, análisis granulométrico y contaminación de los agregados.

#### Análisis Mecánico.

Abrasión.

### 4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados del presente estudio he determinado sus propiedades físicas del agregado grueso y fino, el análisis granulométrico de ambos se encuentra cumplen los parámetros establecidos en la norma ASTM C 33, lo que indica que son agregados bien graduados.

En la figura 9, del análisis granulométrico para el agregado grueso; se aprecia que la curva se desarrolla dentro de los límites establecidos por la Norma ASTM C 33.

El contenido de humedad del agregado fino es el 2,72%, Comparando con el estudio de (HOYOS -2013), contenido de humedad del agregado fino el 2,65%, afirmo que la muestra con respecto al presente estudio posee menos agua en sus partículas, esto significa que el agregado fino aportara agua en el diseño de mezclas.

El contenido de humedad del agregado grueso es el 0,56%, según las especificaciones técnicas de la NTP 400.010, el agregado grueso debe de tener como máximo una humedad de 2,5%, el cual indica que cumple con las especificaciones técnicas de la norma.

Comparando con el estudio de (HOYOS -2013), contenido de humedad del agregado grueso es 1,21%, tiene mayor contenido de humedad respecto al presente estudio

En los materiales de la presente cantera, se ha obtenido para la arena 2,55 (g/cm<sup>3</sup>) y para el agregado grueso 2,68 (g/cm<sup>3</sup>) de peso específico, por lo que diremos que clasifican como agregados de peso normal, lo que nos representa materiales que se encuentran dentro de lo recomendado para su uso en la fabricación de concreto de peso normal.

El peso específico de masa es 2,55 (g/cm<sup>3</sup>) y para el estudio de (HOYOS – 2013) se tiene 2,62 (g/cm<sup>3</sup>), afirmo que el agregado en estudio tiene mayor peso específico.

El porcentaje de absorción del agregado fino es 2,25 % y para el estudio de (HOYOS – 2013) se tiene 2,46%, esta diferencia de porcentajes nos indica que la muestra en estudio tiene menor capacidad de retención de agua en su interior de la partícula, módulo de finura es alto, lo que indica que el agregado fino tiene más partículas gruesas que el agregado fino ya estudiado.

Con respecto al agregado grueso en estudio presenta una absorción de 0,92% y para el estudio de (HOYOS - 2013) se tiene 1,13%, deducimos que el agregado en estudio presenta menos cantidad de poros, es menos permeable y en conclusión es un mejor agregado ya que presenta buenas características físicas y mecánicas.

Los análisis realizados a los materiales de la cantera en estudio, arrojan para el agregado fino 3,70% de material que pasa el tamiz N°200, y para el agregado grueso 0,513%, respectivamente. La norma ASTM C33, sugiere que para el caso de agregado fino lo permisible es del 3% al 5%, y para el agregado grueso un máximo de 1%.

El diseño de mezclas que realice para el mencionado estudio, es por el método ACI, bien conocido y utilizado en la actualidad, me da una dosificación en proporción de peso y volumen, con una relación  $a/c = 0,55$ ; este diseño de mezclas se sometió a la prueba de compresión, a través de probetas de concreto rompiéndose a los 7, 14 y 28 días, se aproximó a los parámetros establecidos, esto indica que los agregados cumplen con las propiedades físicas y mecánicas necesarias en la elaboración de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados son: Contenido de humedad agregado fino y grueso (2,72%, 0,56%), Peso específico y absorción: Agregado fino (peso específico de masa es  $2,55 \text{ g/cm}^3$  con un porcentaje de absorción de 2,25%); Agregado grueso (peso específico de masa es  $2,68 \text{ g/cm}^3$  con un porcentaje de absorción de 0,92%); Peso unitario Volumétrico: Agregado fino (P.U.S.S =  $1,611 \text{ g/cm}^3$ , P.U.S.V =  $1,763 \text{ g/cm}^3$ ); Agregado grueso (P.U.S.S =  $1,386 \text{ g/cm}^3$ , P.U.S.V =  $1,548 \text{ g/cm}^3$ ); Desgaste por abrasión de la máquina de los Ángeles del agregado grueso es 19,74%; Análisis granulométrico: Agregado fino ( módulo de finura es 3,11%, se clásica como arena intermedia porque cumple los parámetros especificados del grupo M); Agregado grueso ( cumple los parámetros especificados según la norma ASTM C 33, teniendo un TMN de 1" y clasificado en el grupo N° 56) y el ensayo de contaminación que pasa el tamiz N° 200 es: Agregado Fino 3,7% y agregado grueso 0,51%. Donde se concluye que los agregados de la cantera Santa Rosa son aptos para el uso en la fabricación de concreto de buena calidad.

Para el diseño de mezclas realizado por el método del ACI, se tiene las siguientes proporciones en peso: Cemento: 42,5 kg, agua: 23,37 lt, agregado fino igual 104,74 kg y agregado grueso: 119.99 kg.

Los resultados promedios obtenidos a los 7, 14 y 28 días, utilizando un factor de seguridad de  $f'_{cr}=294 \text{ kg/cm}^2$  son:  $161,48 \text{ kg/cm}^2$ ,  $228,48 \text{ kg/cm}^2$ ,  $287,97 \text{ kg/cm}^2$ .

## **5.2 RECOMENDACIONES.**

Realizar estudios que determinen la capacidad que tienen los agregados para resistir el deterioro y la desintegración por intemperismo según la norma ASTM C-88.

Realizar el ensayo de resistencia por adherencia a la pasta ya que es una de las más importantes propiedades del agregado, siendo por ello su textura superficial al incidir sobre esta propiedad.

Recomiendo continuar con la investigación diseñando un concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , para ser comparado con la presente tesis.



### 5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASTM C 29, 1997 Método estándar de ensayo para densidad total (peso unitario) y vacíos en los agregados.

ASTM C 125, 2003 Terminología relativa a concreto y agregados para concreto.

ASTM C 127, 2000 Método estándar para gravedad específica y absorción del agregado grueso.

ASTM C 128, 2000 Método estándar para gravedad específica y absorción del agregado fino.

ASTM C 138, 2000 Método estándar para peso unitario y contenido de aire (gravimétrico) del concreto.

ASTM C 670, 2000 Práctica para preparar declaraciones de precisión y tendencia para métodos de ensayo en materiales de construcción.

ASTM C 702, 2000 Práctica para reducción de muestras de agregado a tamaños de ensayo.

ASTM D 75, 1997 Práctica para muestreo de agregados.

Aranda J, Silva H. 2006. Evaluación del tamaño del agregado grueso, para la determinación de la resistencia de la compresión del concreto. Tesis bach. Chimbote – Perú. UNS. 38p.

Hoyos, E. 2013. Estudio de los agregados de la cantera cruce Chanango de la ciudad de Jaén - Cajamarca, para su uso en la elaboración de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Tesis bach. Chiclayo-Perú. UNPRG. 35 p.

Polanco R. 2003. Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto.

Lucas, S. 2010. Evaluación de los Agregados Localmente Disponibles Para Ser Empleados en Hormigones de Pavimentos. Tesis Ed. La Plata – Argentina. LEMaC Centro de Investigación Vial. 16p.

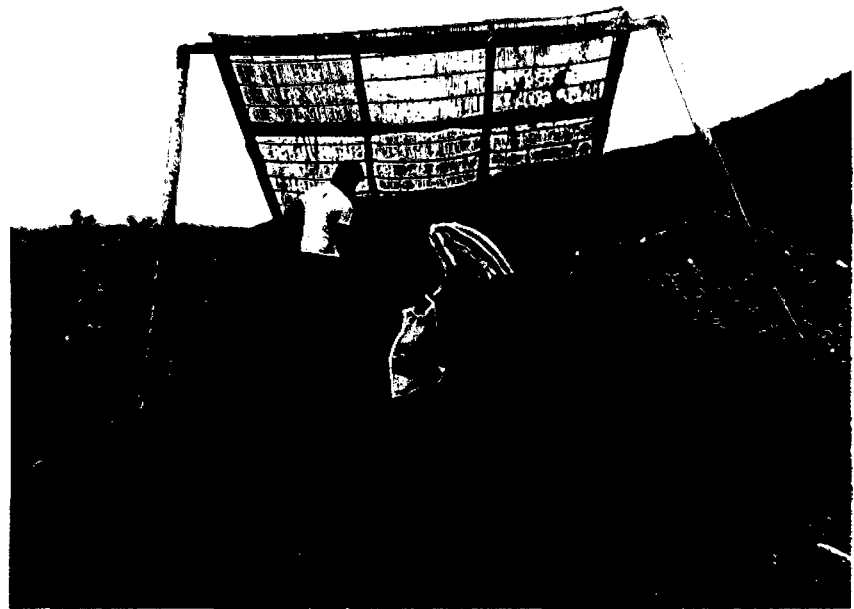
Norma Técnica Peruana 400.012. 2001. Lima Perú. 14p.

Norma Técnica Peruana 400.010. 2001. Lima Perú. 6p.

## **5.4 ANEXOS DE FIGURAS**



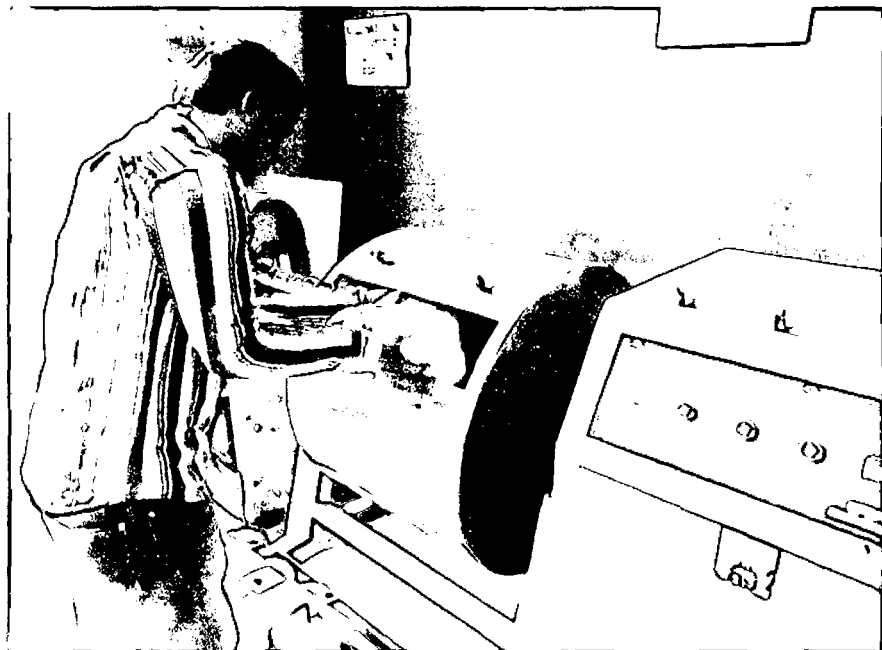
**Figura 11. Extracción de muestras de Agregado Grueso**



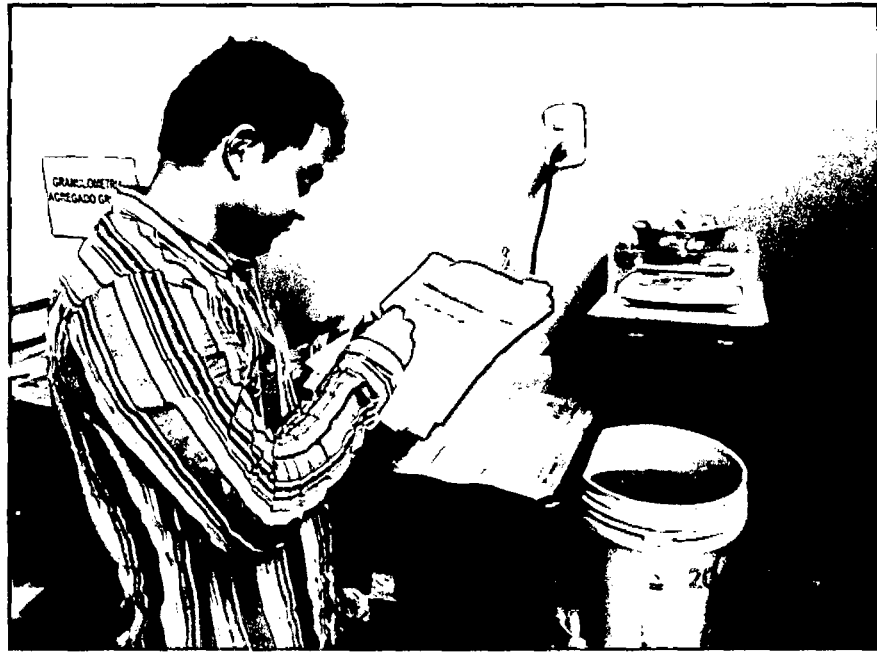
**Figura 12. Extracción de muestras de Agregado Fino**



**Figura 13. Método del cuarteo para el análisis granulométrico**



**Figura 14. Colocando 5000 g de Agregado Grueso en la máquina de los Ángeles para el ensayo de Abrasión.**



**Figura 15. Pesado la muestra para el contenido de humedad.**



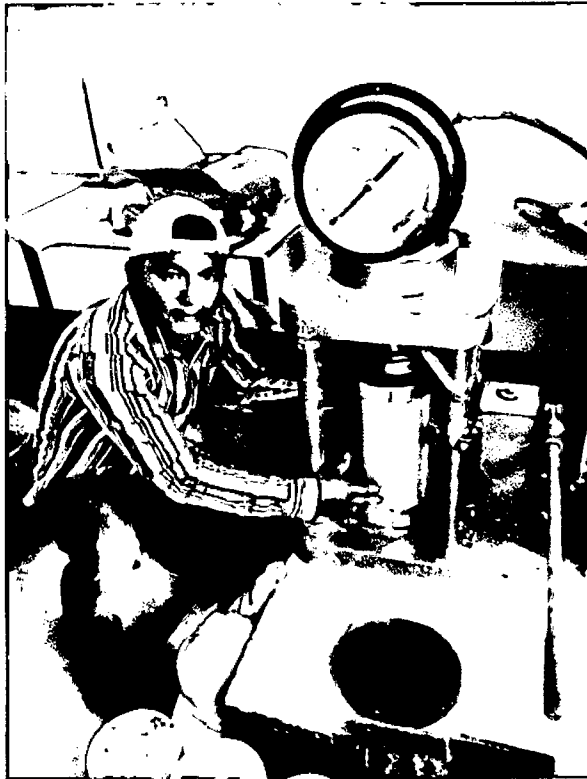
**Figura 16. Muestra saturada de agregado grueso**



**Figura 17. Peso unitario suelto del agregado grueso.**



**Figura 18. Fabricación de probetas**



**Figura 19. Sometiendo las muestras a esfuerzos de compresión.**



**Figura 20. Rotura de probetas.**



## **5.4 ANEXOS DE TABLAS**

**ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE ARENA**

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MACÁNICAS DE LOS  
AGREGADOS PARA EL USO EN EL DISEÑO DE CONCRETO  $F' c = 210\text{kg/cm}^2$   
DE LA CANTERA SANTA ROSA**

**SOLICITA** : DIGSON GREY PÉREZ OLIVOS

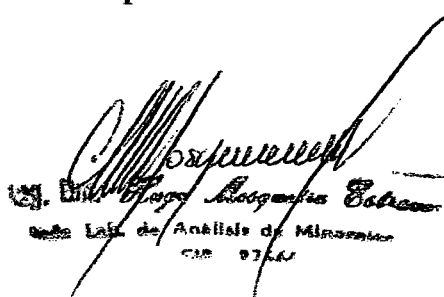
**TESIS** : EVALUACIÓN

**CANTERA** : SANTA ROSA

**RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

<b>MUESTRA</b>	<b>pH</b>	<b>SULFATOS (SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup> ppm</b>	<b>CLORUROS CL<sup>-1</sup> ppm</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
ARENA	8.10	65.30	41.50	20

La muestra fue alcanzada al laboratorio para su respectivo análisis

  
C. M. [Signature]  
Lab. de Análisis de Minerales  
C.M. 0766

**ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE GRABA**

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MACÁNICAS DE LOS  
AGREGADOS PARA EL USO EN EL DISEÑO DE CONCRETO  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$   
DE LA CANTERA SANTA ROSA**

**SOLICITA** : DIGSON GREY PÉREZ OLIVOS

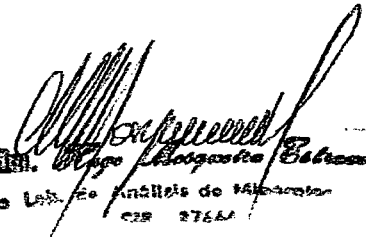
**TESIS** : EVALUACIÓN

**CANTERA** : SANTA ROSA

**RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

<b>MUESTRA</b>	<b>pH</b>	<b>SULFATOS (SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup> ppm</b>	<b>CLORUROS CL<sup>-1</sup> ppm</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
GRABA	8.20	61.40	39.10	20

La muestra fue alcanzada al laboratorio para su respectivo análisis

  
Ing. M. *[Signature]* *[Signature]*  
Lab. de Análisis de Laboratorio  
C.R. 2766