

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO  $f'_c = 210$   
 $\text{kg/cm}^2$  OBTENIDO CON AGREGADO FINO DE CERRO Y PIEDRA  
CHANCADA EN CIUDAD DE CUTERVO**

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

**AUTOR:**

Bach. ROYSER GAMONAL BURGA

**ASESOR:**

Ing. MARCO WILDER HOYOS SAUCEDO

**CAJAMARCA - PERÚ**

**2021**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, hermano y familiares por su apoyo constante hacía mi persona durante mi vida y principalmente mi etapa de estudiante universitario.

A la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) por permitirme ser parte y brindarme la enseñanza con formación en valores.

A cada maestro por los conocimientos brindados logrando tener una excelente formación ética y profesional.

A mis compañeros, amigos y todas las personas por la confianza, apoyo, motivación, consejos continuamente durante todo el proceso de mis estudios.

A las personas que de manera especial formaron parte de mi formación con sus aportes, afecto y apoyo permitieron superar las dificultades que a lo largo del camino se presentaron.

## **DEDICATORIA**

A mis familiares por apoyarme para alcanzar mis metas trazadas, por formarme con valores y principios como el respeto, la responsabilidad, el esfuerzo para vencer las adversidades que de manera fortuita se cruzan a lo largo de mi vida como persona y asimismo como profesional.

A mis padres, Segundo y Luz Angélica, a mi hermano James Iván y a toda mi familia por los esfuerzos en conjunto brindados para conseguir los objetivos propuestos, a la universidad por formarme como un buen profesional con valores y principios, a mis amigos por su apoyo incondicional durante mi etapa de estudiante universitario.

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.    Problema de la investigación .....	1
1.1.1.    Planteamiento del problema.....	1
1.1.2.    Formulación del problema .....	2
1.2.    Hipótesis de la investigación .....	3
1.3.    Justificación de la investigación .....	3
1.4.    Alcances.....	3
1.5.    Objetivo de la investigación.....	4
1.5.1.    Objetivo general.....	4
1.5.2.    Objetivos específicos .....	4
1.6.    Delimitaciones y limitaciones de la investigación.....	4
1.6.1.    Delimitaciones de la investigación .....	4
1.6.2.    Limitaciones de la investigación.....	4
CAPÍTULO II MARCO TEORICO .....	5
2.1.    Antecedentes de la Investigación.....	5
2.1.1.    Internacionales y Nacionales .....	5
2.2.    Definiciones .....	6
2.3.    Bases teóricas.....	7
2.3.1.    Normas legales.....	7
2.3.2.    Definición de concreto .....	8
2.3.3.    Componentes del concreto .....	8
2.3.4.    Materiales que conforman el concreto .....	8
2.4.    Agregados o áridos .....	9

2.5.	Clasificación de agregados para concreto.....	9
2.5.1.	Según su tamaño de los agregados.....	9
2.5.2.	Según la procedencia de agregados .....	10
2.5.3.	Según la densidad de los agregados.....	11
2.5.4.	Según su forma y textura .....	12
2.6.	Propiedades de los agregados .....	13
2.6.1.	Granulometría .....	13
2.6.2.	Textura .....	16
2.6.3.	Superficie específica .....	16
2.6.4.	Peso específico de los agregados .....	17
2.6.5.	Absorción de los agregados .....	17
2.6.6.	Peso unitario de los agregados .....	17
2.6.7.	Contenido de humedad de los agregados.....	18
2.6.8.	Material que pasa el Tamiz N°200.....	18
2.6.9.	Resistencia a la Abrasión .....	18
2.7.	Propiedades del Concreto Fresco.....	19
2.7.1.	Trabajabilidad o manejabilidad.....	19
2.7.2.	Consistencia .....	19
2.7.3.	Segregación.....	19
2.7.4.	Exudación .....	19
2.7.5.	Durabilidad .....	20
2.7.6.	Impermeabilidad .....	20
2.7.7.	Contenido de aire en la mezcla .....	20
2.7.8.	Peso unitario del concreto .....	20
2.8.	Propiedades del Concreto Endurecido .....	21
2.8.1.	Resistencia a Compresión .....	21
2.8.2.	Resistencia a Tracción por Compresión Diametral .....	24
2.8.3.	Módulo de Elasticidad .....	27
2.8.4.	Porosidad del Concreto .....	28
2.9.	Diseño de Mezclas de concreto.....	29
2.9.1.	Método de Diseño de combinación de agregados.....	29
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....		38

3.1.	Ubicación de la investigación .....	38
3.1.1.	Ubicación de las canteras de estudio .....	38
3.2.	Diseño de la investigación .....	40
3.2.1.	Tipo de investigación .....	40
3.2.2.	Diseño de investigación .....	40
3.2.3.	Variables .....	40
3.2.4.	Población.....	40
3.2.5.	Muestras.....	40
3.2.6.	Unidad de análisis .....	40
3.3.	Metodología del trabajo de la investigación .....	40
3.3.1.	Extracción de los materiales de la cantera .....	40
3.3.2.	Materiales empleados en la investigación.....	42
3.3.3.	Métodos para Determinar las Características de los agregados.....	42
3.3.4.	Métodos para Determinar las Características del concreto.....	47
3.4.	Técnicas, instrumentos y proceso de la información .....	52
3.4.1.	Técnicas de estudio .....	52
3.4.2.	Análisis de información. ....	53
3.4.3.	Presentación de resultados .....	53
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		54
4.1.	Análisis y discusión de resultados de los agregados.....	54
4.1.1.	Granulometría de los agregados.....	54
4.1.2.	Abrasión del agregado grueso.....	56
4.1.3.	Pesos específicos y absorción .....	57
4.1.4.	Densidad (Peso Unitario) de los agregados .....	57
4.1.5.	Contenido de humedad de los agregados.....	57
4.1.6.	Materiales finos que el tamiz 75 $\mu$ m (N°200).....	58
4.2.	Presentación de Resultados de la Mezcla de Concreto .....	58
4.3.	Análisis y discusión de resultados de las propiedades del concreto .....	59
4.3.1.	Peso unitario del concreto .....	59
4.3.2.	Resistencia a Compresión del Concreto .....	61
4.3.3.	Resistencia a Tracción del Concreto.....	62
4.3.4.	Densidad, Absorción y Huecos en Concreto Endurecido.....	64

4.3.5.    Módulo de Elasticidad y Relación de Poisson del Concreto .....	65
4.4.    Contraste de la hipótesis .....	68
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
5.1.    Conclusiones .....	69
5.2.    Recomendaciones .....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS .....	73
ANEXO I: ENSAYOS DE AGREGADOS.....	73
ANEXO II: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO .....	80
ANEXO III: ENSAYOS DE CONCRETO. ....	86
ANEXO IV: ENSAYOS QUÍMICO DEL AGREGADO FINO.....	103
ANEXO V: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO .....	107
PANEL FOTOGRÁFICO.....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normas legales para Ensayos de Agregados .....	7
Tabla 2. Normas Legales para Ensayos de Concreto .....	7
Tabla 3. Tipos de Agregados según Tamaño .....	10
Tabla 4. Rocas Sedimentarias .....	11
Tabla 5. Tipos de los Agregados según su Densidad .....	12
Tabla 6. Tipos de Agregados según su Forma .....	12
Tabla 7. Tipos de Agregados según su Textura .....	13
Tabla 8. Huso Granulométrico del Agregado Fino .....	14
Tabla 9. Husos Granulométricos del Agregado Grueso .....	15
Tabla 10. Tipo de Agregado Fino de acuerdo a su Finura .....	16
Tabla 11. Factor de Modificación para la Desviación Estándar .....	30
Tabla 12. Resistencia Promedio sin Registro de Datos .....	30
Tabla 13. Resistencia Promedio con Registro de Datos .....	31
Tabla 14. Selección del TMN del Agregado Grueso .....	31
Tabla 15. Asentamiento y Trabajabilidad Requerida .....	32
Tabla 16. Asentamiento Recomendado para Elementos Estructurales .....	32
Tabla 17. Cantidad de Agua de Mezcla Recomendada .....	32
Tabla 18. Cantidad de Aire Atrapado en la Mezcla .....	33
Tabla 19. Cantidad de Aire Atrapado más Incorporado .....	33
Tabla 20. Relación a/c por Resistencia .....	34
Tabla 21. Clases de Exposición del concreto .....	34
Tabla 22. Condiciones para el Concreto según la Exposición .....	35
Tabla 23. Módulo de Fineza de Combinación .....	36
Tabla 24. Muestra de Especímenes por Ensayo y Edad .....	40
Tabla 25. Número de Capas de Consolidación Requerida por Espécimen .....	49
Tabla 26. Resultados de la Granulometría de los Agregados .....	54
Tabla 27. Resultado Ensayo Abrasión Agregado Grueso .....	56
Tabla 28. Resultados de Pesos Específicos y Absorción .....	57
Tabla 29. Resultados de Peso Unitario Suelto y Compactado .....	57
Tabla 30. Resultados de Contenido de Humedad .....	57
Tabla 31. Resultados de Material Fino que Pasa el Tamiz 75 $\mu$ m (N°200) .....	58



Tabla 32. <i>Resultados de Diseño de Mezcla de Concreto (Secos)</i> .....	58
Tabla 33. <i>Resultados de Diseño de Mezcla de Concreto (Húmedos)</i> .....	58
Tabla 34. <i>Resultados de Peso Unitario Del Concreto</i> .....	60
Tabla 35. <i>Resultados de Resistencia a la Compresión</i> .....	61
Tabla 36. <i>Resultados de Resistencia a Tracción</i> .....	63
Tabla 37. <i>Resultados de Densidad, Absorción y Porosidad Concreto Endurecido</i> .....	64
Tabla 38. <i>Resultados de Módulo de Elasticidad Estático y Relación de Poisson ASTM C469</i> .....	66
Tabla 39. <i>Resultados de Módulo de Elasticidad según ACI 318-19</i> .....	67
Tabla 40. <i>Ensayo: Granulometría del Agregado Grueso</i> .....	73
Tabla 41. <i>Ensayo: Granulometría del Agregado Fino</i> .....	75
Tabla 42. <i>Ensayo: Abrasión</i> .....	76
Tabla 43. <i>Ensayo: Peso específico y absorción y Absorción del Agregado Grueso</i> .....	76
Tabla 44. <i>Ensayo: Peso específico y absorción y Absorción del Agregado Fino</i> .....	76
Tabla 45. <i>Ensayo: Peso Unitario Suelto del A. Fino</i> .....	77
Tabla 46. <i>Ensayo: Peso Unitario Compactado del A. Fino</i> .....	77
Tabla 47. <i>Ensayo: Peso Unitario Suelto del A. Grueso</i> .....	78
Tabla 48. <i>Ensayo: Peso Unitario Compactado del A. Grueso</i> .....	78
Tabla 49. <i>Ensayo: Materiales más Finos que Pasan por el Tamiz 75µm (N°200) por Lavado</i> .....	79
Tabla 50. <i>Ensayo: Contenido de Humedad</i> .....	79
Tabla 51. <i>Ensayo: Peso Unitario, Rendimiento Concreto de Prueba</i> .....	86
Tabla 52. <i>Ensayo: Resistencia a la Compresión Concreto de Prueba</i> .....	86
Tabla 53. <i>Ensayo: Peso Unitario, Rendimiento</i> .....	87
Tabla 54. <i>Ensayo: Resistencia a la Compresión del Concreto</i> .....	88
Tabla 55. <i>Ensayo: Tracción por Compresión Diametral</i> .....	89
Tabla 56. <i>Ensayo: Módulo de Elasticidad y Relación de Poisson P-03</i> .....	91
Tabla 57. <i>Ensayo: Módulo de Elasticidad y Relación de Poisson P-07</i> .....	94
Tabla 58. <i>Ensayo: Módulo de Elasticidad y Relación de Poisson P-14</i> .....	97
Tabla 59. <i>Ensayo: Módulo de Elasticidad Estático ACI 318-19</i> .....	100
Tabla 60. <i>Ensayo: Densidad, Absorción y Huecos del Concreto. ASTM C642-13</i> .....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Estructura del Concreto Endurecido</i> .....	8
Figura 2. <i>Rocas ígneas o magmáticas y sedimentaria</i> .....	10
Figura 3. <i>Roca metamórfica</i> .....	11
Figura 4. <i>Huso Granulométricos del Agregado Fino</i> .....	14
Figura 5. <i>Tipos de Contenido de Humedad</i> .....	18
Figura 6. <i>Resistencia vs Relación a/c, para Diferentes Grados de Compactación</i> .....	21
Figura 7. <i>Influencia del Factor a/c en la Resistencia del Concreto</i> .....	22
Figura 8. <i>Influencia del Factor a/c en la Resistencia vs Deformación</i> .....	22
Figura 9. <i>Incremento de la Resistencia en Relación a la Edad</i> .....	23
Figura 10. <i>Tipos de Fracturas en Cilindros de Concreto</i> .....	24
Figura 11. <i>Ensayo de Compresión Diametral (Split Test)</i> .....	25
Figura 12. <i>Tensiones sobre los Planos Diametral y Vertical</i> .....	25
Figura 13. <i>Tensiones en el Plano Simétrico por una Carga Puntual</i> .....	26
Figura 14. <i>Distribución de Tensiones en el Plano Diametral</i> .....	26
Figura 15. <i>Tensiones en el Plano de Aplicación de la Carga</i> .....	26
Figura 16. <i>Curva de Esfuerzo vs Deformación del Concreto</i> .....	27
Figura 17. <i>Localización de las Canteras “Lancheonga” e “Cerro Ilucán”</i> .....	39
Figura 18. <i>Extracción de Agregado Grueso de la Cantera “Lancheonga”</i> .....	41
Figura 19. <i>Extracción de Agregado Fino del “Cerro Ilucán”</i> .....	41
Figura 20. <i>Molde para el ensayo de asentamiento</i> .....	47

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. <i>Curva Granulométrica del Agregado Fino</i> .....	55
Gráfico 2. <i>Curva Granulométrica del Agregado Grueso</i> .....	55
Gráfico 3. <i>Resistencia vs Edad de Curado del concreto</i> .....	62
Gráfico 4. <i>Resistencia a la Tracción vs Edad de Curado del Concreto</i> .....	63
Gráfico 5. <i>Variación del Módulo de Elasticidad según ACI 318-19</i> .....	68
Gráfico 6. <i>Ensayo: Curva Granulométrica del Agregado Grueso</i> .....	74
Gráfico 7. <i>Ensayo: Curva Granulométrica del Agregado Fino</i> .....	75
Gráfico 8. <i>Ensayo Resistencia a la Compresión</i> .....	89
Gráfico 9. <i>Ensayo Resistencia a la Tracción</i> .....	90
Gráfico 10. <i>Curva esfuerzo - Deformación Longitudinal P-03</i> .....	92
Gráfico 11. <i>Curva Esfuerzo - Deformación Transversal P-03</i> .....	92
Gráfico 12. <i>Curva Esfuerzo - Deformación Longitudinal P-07</i> .....	95
Gráfico 13. <i>Curva Esfuerzo - Deformación Transversal P-07</i> .....	95
Gráfico 14. <i>Curva Esfuerzo - Deformación Longitudinal P-14</i> .....	98
Gráfico 15. <i>Curva Esfuerzo - Deformación Transversal P-14</i> .....	98
Gráfico 16. <i>Ensayo Módulo de Elasticidad del Concreto ACI 318-19</i> .....	101

## RESUMEN

La investigación desarrollada en la ciudad de Cutervo, se centra en la determinación de las propiedades del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , obtenido con agregado fino de cerro “cantera Ilucán” y piedra chancada “cantera Lancheonga”, el concreto es un material muy empleado en la construcción, es conveniente saber sus propiedades a través de ensayos, el proceso realizado consiste en reconocer y extraer muestras de las canteras, realizar ensayos en laboratorio y conocer la calidad de los agregados para su selección y determinación de la cantidad que componen el concreto, por consiguiente determinar las propiedades del concreto. Mediante ensayos normalizados, se determinaron las propiedades del agregado fino de cerro y piedra chancada como agregado grueso: el agregado fino de cerro tiene una humedad de 2.89%, peso específico  $2.56 \text{ gr/cm}^3$ , absorción 1.23%, peso unitario suelto  $1492 \text{ kg/m}^3$ , peso unitario compactado  $1543 \text{ kg/m}^3$ , material más fino que la malla  $75\mu\text{m}$  (N°200) 4.36% y un módulo de finura de 2.03. Para el agregado grueso, humedad de 0.70%, abrasión 30.20%, peso específico  $2.62 \text{ gr/cm}^3$ , absorción 0.87%, peso unitario suelto  $1414 \text{ kg/m}^3$ , peso unitario compactado  $1578 \text{ kg/m}^3$ , material que pasa la malla  $75\mu\text{m}$  (N°200) 0.31%, módulo de finura de 7.01 y un tamaño máximo nominal de 3/4". Mediante ensayos normalizados, se determinaron las propiedades del concreto: resistencia a compresión a los 7 días ( $228.34 \text{ kg/cm}^2$ ), 14 días ( $314.12 \text{ kg/cm}^2$ ), y a los 28 días ( $327.83 \text{ kg/cm}^2$ ), llegando a un 56% mayor que la resistencia de diseño ( $210 \text{ kg/cm}^2$ ), resistencia a la tracción a los 7 días ( $26.06 \text{ kg/cm}^2$ ), 14 días ( $28.06 \text{ kg/cm}^2$ ), y a los 28 días ( $28.82 \text{ kg/cm}^2$ ), peso unitario  $2262.19 \text{ kg/m}^3$ , módulo de elasticidad de  $210,353.02 \text{ kg/cm}^2$ , relación de Poisson  $\nu = 0.32$  y un volumen de espacio poroso permeable (porosidad) 11.69%, para el concreto obtenido con agregado fino de cerro y piedra chancada, siendo aceptable sus propiedades de acuerdo a las normas ASTM (American Society of Testing Materials) y las NTP (Norma Técnica Peruana).

**PALABRAS CLAVES:** Concreto, Agregados, Resistencia a compresión, Resistencia a tracción, Elasticidad, Porosidad, Cantera.

## ABSTRACT

The research developed in the city of Cutervo, It focuses on the determination of the concrete properties  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , obtained with fine aggregate from the hill "quarry Ilucán" and crushed stone "Lancheonga quarry", concrete is a widely used material in construction, it is convenient to know its properties through tests, the process carried out consists to recognize and extracting samples from the quarries, carrying out tests in laboratory and know the quality of the aggregates for their selection and determination of the quantity that make up the concrete, consequently determining the properties of the concrete. By means of standardized tests, the properties of the fine aggregate were determined of hill and crushed stone as coarse aggregate: fine aggregate of hill has a 2.89% humidity, specific gravity  $2.56 \text{ gr/cm}^3$ , absorption 1.23%, loose unit weight  $1492 \text{ kg/m}^3$ , compacted unit weight  $1543 \text{ kg/m}^3$ , material finer than  $75\mu\text{m}$  mesh (N°200) 4.36% and a fineness modulus of 2.03. For coarse aggregate, 0.70% moisture, abrasión 30.20%, specific gravity  $2.62 \text{ gr/cm}^3$ , absorption 0.87%, loose unit weight  $1414 \text{ kg/m}^3$ , weight compacted unit  $1578 \text{ kg/m}^3$ , material that passes the  $75\mu\text{m}$  mesh (N°200) 0.31%, modulus fineness of 7.01 and a nominal maximum size of  $3/4"$ . Through standardized tests, It determined the properties of the concrete: compressive strength at 7 days ( $228.34 \text{ kg/cm}^2$ ), 14 days ( $314.12 \text{ kg/cm}^2$ ), and at 28 days ( $327.83 \text{ kg/cm}^2$ ), reaching 56% higher than the design resistance ( $210 \text{ kg/cm}^2$ ), tensile strength at 7 days ( $26.06 \text{ kg/cm}^2$ ), 14 days ( $28.06 \text{ kg/cm}^2$ ), and at 28 days ( $28.82 \text{ kg/cm}^2$ ), unit weight  $2262.19 \text{ kg/m}^3$ , module elasticity of  $210,353.02 \text{ kg/cm}^2$ , Poisson's ratio  $\nu = 0.32$  and a volume of space porous permeable (porosity) 11.69%, for concrete obtained with fine aggregate of hill and crushed stone, its properties being acceptable according to ASTM standards (American Society for Materials Testing) and the NTP (Peruvian Technical Standard).

**KEY WORDS:** Concrete, Aggregates, Compressive strength, Resistance to traction, elasticity, porosity, quarry.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El concreto es un material indispensable y el más empleado en la construcción, en donde su composición es a base de materiales áridos y pasta cementante, la calidad del concreto depende a sus propiedades que presente ante condiciones de esfuerzo y durabilidad (Rivva López, 2013).

Las propiedades del concreto como resistencia, densidad, elasticidad, porosidad, influyen en el cálculo y diseño de elementos estructurales y estos en las estructuras, esta es la razón que impulsa a realizar la investigación para obtener y analizar cada una de las propiedades del concreto que se obtiene con agregado fino de cerro y piedra chancada (Rivva López, 2013).

La investigación se realizó a finales del año 2020 e inicios del año 2021, donde se determinó las principales propiedades del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  obtenido con agregado fino de cerro y piedra chancada en la ciudad de Cutervo, basados en las normas ASTM (American Society of Testing Materials) y las NTP (Norma Técnica Peruana), a través de ensayos normalizados.

### **1.1. Problema de la investigación**

#### **1.1.1. Planteamiento del problema**

##### **Contextualización**

El concreto es un material que depende de los materiales que lo conforman, que hacen variar sus propiedades y su comportamiento estructural. Siendo más resaltante este problema en Cutervo y de manera particular en edificaciones, donde se utiliza concreto a base de agregado fino de cerro y piedra chancada sin tener información de sus propiedades y de las propiedades del concreto obtenido, de acuerdo a parámetros como lo que sugiere las normas ASTM y las NTP.

Las propiedades del concreto por lo general varían, por la incidencia de los agregados, que representan un 70% del volumen total, pero la incidencia en la resistencia, cambios en durabilidad y volumen de la pasta endurecida, es

indispensable considerar la mecánica de las fracturas bajo esfuerzo, considerando como factor primario a la porosidad (volumen vacío en la pasta de cemento). (Neville & Brooks, 2010)

La utilización de materiales como el agregado fino de cerro y piedra chancada puede cumplir con las propiedades requeridas, dependiendo de su aporte de los agregados, es por ello que la utilización es de manera frecuente debido al proceso de obtención y cercanía.

La resistencia es la propiedad más relevante, que depende a la calidad y cantidad ideal de los materiales que lo conforman (Neville & Brooks, 2010), además de otras propiedades esenciales como tracción, porosidad, elasticidad, etc.

### **Descripción del problema**

No existe una evaluación de las propiedades del concreto obtenido con agregado fino de cerro y piedra chancada utilizado en la ciudad de Cutervo – Cajamarca. En este caso específico, se observa que las propiedades del concreto varían de acuerdo a grandes aspectos como: naturaleza, propiedades de materiales, proporción, proceso de puesta en obra, control y mantenimiento (Rivva López, 2013). Lo anterior genera discordancia entre las propiedades del concreto esperadas y las propiedades obtenidas que pueden o cumplir con las normas.

Con los antecedentes descritos se propone determinar las propiedades de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  obtenido con agregado fino de cerro y piedra chancada en la ciudad de Cutervo.

#### **1.1.2. Formulación del problema**

¿En qué medida cumple las propiedades del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , obtenido con agregado fino de cerro y piedra chancada con las normas ASTM y NTP?

## **1.2. Hipótesis de la investigación**

Las propiedades del concreto obtenido con agregado fino de cerro y piedra chancada de las canteras “cerro Ilucán” y “Lancheconga” cumplen con las normas ASTM y NTP.

## **1.3. Justificación de la investigación**

El uso de agregado fino de cerro y piedra chancada es de gran importancia para obtener concreto, generando buenos resultados en las propiedades, sin embargo, los contextos y materiales difieren de una localidad a otra quedando un vacío de estudiar el concreto con estos materiales en este ámbito.

No existe una evaluación de las propiedades más relevantes del concreto obtenido con agregado fino de cerro y piedra chancada en la ciudad de Cutervo, se realizan sin tener un estudio sobre los agregados utilizados, lo hacen de manera empírica, aun sin tener una dosificación adecuada, por ello es importante realizar una investigación de las propiedades de los agregados extraídos de las canteras de estudio, y por consiguiente la evaluación de propiedades del concreto con el único objetivo de conocer la calidad del concreto para la construcción.

Esta investigación sirve para conocer y brindar información a la población y empresas sobre las propiedades del concreto obtenido con agregado cerro y piedra chancada.

## **1.4. Alcances**

Esta investigación se desarrolló y analizó el agregado fino de cerro y piedra chancada en la obtención del concreto y está orientado a la comunidad científica debido al reducido estudio y más aún en el Perú y la ciudad de Cutervo donde no existe estudio alguno; también está dirigido a ingenieros, empresas, profesionales y personas que se dedican a la rama de la construcción y en especial al uso del concreto. Asimismo, es un aporte para los estudiantes para complementar o seguir con otras investigaciones relacionadas.

La presente investigación permitió obtener información sobre de la utilización del agregado fino de cerro y piedra chancada para la obtención de concreto.



## **1.5. Objetivo de la investigación**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar las propiedades de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  obtenido con agregado fino de cerro “Cantera Ilucán” y piedra chancada “Cantera Lancheconga” en la ciudad de Cutervo.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Determinar y analizar las características y sus propiedades de los agregados de las canteras “Cantera Ilucán” y “Cantera Lancheconga” en la ciudad de Cutervo.
- Diseñar un concreto para una de resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando materiales de las canteras mencionadas.
- Analizar el módulo de elasticidad y relación de Poisson del concreto obtenido con agregado fino de cerro y piedra chancada.
- Analizar la resistencia a tracción del concreto obtenido con agregado fino de cerro y piedra chancada.
- Analizar la propiedad de porosidad (vacíos) del concreto obtenido con agregado fino de cerro y piedra chancada.

## **1.6. Delimitaciones y limitaciones de la investigación**

### **1.6.1. Delimitaciones de la investigación**

El presente estudio de investigación se ha desarrollado con agregados de la planta chancadora “Lancheconga” y arena del cerro “Ilucán” donde se extraen y procesan, materiales originarios de la localidad de Cutervo, además de cemento Portland Tipo I y agua, por lo que la investigación se realiza en la localidad de Cutervo – Cajamarca – Perú.

### **1.6.2. Limitaciones de la investigación**

Solo se estudió propiedades como resistencia, tracción, elasticidad y porosidad, no teniendo una evaluación de la durabilidad del concreto, debido a que en el laboratorio no se cuenta con materiales y equipos para definir el tiempo de duración del concreto (durabilidad).

En el desarrollo del ensayo para saber el módulo de elasticidad según ASTM C496 los datos de la relación carga – deformación, se grabaron en un video debido a que no se cuenta con equipos capaces de emitir un reporte de la relación esfuerzo – deformación.

# CAPÍTULO II

## MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1. Internacionales y Nacionales

(Abril Gil & Ramos Sánchez, 2017), Afirmaron que la resistencia puede variar cuando se usan materiales de distinto origen, además que los materiales de origen de depósito aluvial aportan mayor resistencia en comparación a la de origen montañoso.

(Silva Castañeda & Valbuena Rubiano, 2019), Afirmaron que el tamaño de los agregados, la absorción, angularidad interviene en la resistencia a compresión. Además, se debe tener un estudio para no recurrir al mezclado de materiales en obra de manera empírica.

(Torres Rios, 2015). Afirmar que los agregados de cerro disminuyen el esfuerzo en compresión en comparación a agregados de río, reduciendo la resistencia en 10,68% a los 28 días para concretos diseñados para una resistencia  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ , en 7,49% para  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  y el 6,19% para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Con respecto al desgaste, el agregado de río es más resistente a la abrasión obteniendo un 34% de desgaste y el de cerro un 76%.

(Ventura Ayala, 2015). Afirmar que los agregados de procedencia de cerro cumplen con las especificaciones y requerimiento establecidos en las normas y por lo tanto son aceptables para la elaboración de concreto.

(Quiroz Machuca & Tirado Mori, 2019). Afirmar que los agregados de cerro mostraron mejores resultados a resistencias a compresión a los de 7 días ( $457.57 \text{ kg/cm}^2$ ), 14 días ( $471.99 \text{ kg/cm}^2$ ) y a los 28 días de curado ( $518.15 \text{ kg/cm}^2$ ), en comparación a los concretos elaborados con agregado de río.

## 2.2. Definiciones

- **Concreto:** Mezcla o combinación de material aglutinante y agregados NTP 339.047. 2006.
- **Agregado fino:** Producto de la descomposición de rocas arenosas y de tamaño menor al tamiz de 9.5mm (3/8 pulg) (NTP 339.047. 2006).
- **Agregado grueso:** Producto de la descomposición de la roca y de tamaño mayor al tamiz 4.75mm (N°4) (NTP 339.047. 2006).
- **Cemento:** Obtenido a partir de la pulverización del clinker de Portland (NTP 400.017. 2011).
- **Compactación:** Proceso que se realiza de forma manual o mecánico para eliminar el volumen de vacíos del concreto fresco (NTP 339.047. 2006).
- **Curado:** Proceso de control temperatura y humedad, durante la etapa de fraguado (NTP 339.047. 2006).
- **Curva granulométrica:** Representación gráfica de los tamaños de partículas de los agregados. Abscisas en escala logarítmica la abertura de los tamices y en las ordenadas el material que pasa en porcentaje (NTP 339.047. 2006).
- **Dosificación:** Cuantificación en peso o volumen de la cantidad de materiales que conforman el concreto (NTP 339.047. 2006).
- **Durabilidad:** Capacidad de resistir u oponerse ante acciones de la intemperie y otras como: ataques químicos, cambios climáticos y abrasión, (NTP 339.047. 2006).
- **Asentamiento:** Medición del asentamiento del concreto en estado no endurecido (NTP 339.047. 2006).
- **Tracción por compresión diametral:** Aplicar carga en generatrices opuestas de una probeta de concreto (NTP 339.047. 2006).
- **Módulo de elasticidad (Ec):** Pendiente de la gráfica esfuerzo y la deformación unitaria del concreto (NTP 339.047. 2006).
- **Módulo de finura (Mf):** Factor que indica el tamaño dominante, que tan fino o grueso es el agregado (NTP 339.047. 2006).
- **Piedra chancada:** Producida mediante la trituración de rocas o gravas (NTP 339.047. 2006).

## 2.3. Bases teóricas

### 2.3.1. Normas legales

La presente investigación está regida bajo las normas para agregados y concreto según:

**Tabla 1.** Normas legales para Ensayos de Agregados

Ensayos	Normas
Granulometría	NTP 400.012. 2013
	ASTM C136. 2014
Abrasión	NTP 400.019. 2002
	ASTM C131. 2014
Peso específico y absorción del agregado grueso	NTP 400.021. 2002
	ASTM C127. 2015
Peso específico y absorción del agregado fino	NTP 400.022. 2013
	ASTM C128. 2015
Peso unitario	NTP 400.017. 2011
	ASTM C29. 2017
Contenido de humedad	NTP 339.185. 2013
	ASTM C566-19. 2019
Material fino que pasa el tamiz 75 $\mu$ m (N° 200)	NTP 400.018. 2002
	ASTM C117. 2017

**Tabla 2.** Normas Legales para Ensayos de Concreto

Ensayos	Normas
Asentamiento	ASTM C143. 2015.
Elaboración de especímenes de concreto	ASTM C 192.
Resistencia en compresión	NTP 339.034. 2008
	ASTM C39. 2018
Resistencia en tracción	ASTM C496. 2017
Densidad, absorción y vacíos del concreto	ASTM C642. 2013
Módulo de elasticidad y relación de Poisson	ASTM C469. 2014

### 2.3.2. Definición de concreto

El concreto es la conjunción de pasta y agregados, en ocasiones aditivos, cuando se desee mejorar algunas propiedades como la resistencia frente a factores ambientales y esfuerzos. (Sánchez de Guzmán, 2016)

**Figura 1.** *Estructura del Concreto Endurecido*



### 2.3.3. Componentes del concreto

#### 2.3.3.1. Pasta

La pasta se alcanza producto de la mezcla de agua con cemento y aire naturalmente atrapado y a veces incorporado, el volumen de la pasta en el concreto representa un 30 % del volumen total. (Niño Hernández, 2010)

#### 2.3.3.2. Agregados

- Agregado fino : Arena fina  
Arena gruesa
  - Agregado grueso : piedra chancada, confitillo, grava.
- (Abanto Castillo, 2009)

### 2.3.4. Materiales que conforman el concreto

#### 2.3.4.1. Cemento

Material aglutinante que posee la capacidad de adhesión y cohesión para obtener el concreto, las características que esté presente definen la clase o tipo de cemento de acuerdo a sus componentes químicos, grado de hidratación, fraguado, calor de hidratación y su resistencia mecánica. (Niño Hernández, 2010)

#### **2.3.4.2. Agua**

El agua es el líquido capaz de desarrollar la hidratación y lograr que se desarrolle la hidratación del cemento conformando la pasta.

Durante el endurecimiento de la pasta, una parte del agua permanece en parte sólida producto del fraguado a esta agua se denomina agua de hidratación. (Niño Hernández, 2010)

#### **2.3.4.3. Aire**

Sustancia que se encuentra atrapada en el proceso de mezclado, el cual es inevitable. (Niño Hernández, 2010)

#### **2.3.4.4. Agregados**

Los agregados materiales que al combinarse con la pasta conforman el concreto, son los principales que aportan resistencia al concreto. Representan el 70% del volumen en un concreto normal. (Abanto Castillo, 2009)

### **2.4. Agregados o áridos**

También conocidos como áridos, tienen una forma granular, que pueden ser obtenidos de forma natural o artificial.

Los agregados aptos para elaborar concreto deberán tener una resistencia propia y una gradación adecuada para permitir una buena adherencia con la pasta. (Sánchez de Guzmán, 2016)

### **2.5. Clasificación de agregados para concreto**

Los agregados los podemos clasificar por su tamaño, procedencia, densidad, forma y textura.

#### **2.5.1. Según su tamaño de los agregados**

##### **Agregado fino**

Son áridos producto de la desintegración de rocas arenosas, de origen natural o artificial, tienen un tamaño menor al tamiz 9,5 mm (3/8 pulg) y mayor al tamiz 75µm (N°200). (NTP (Norma Técnica Peruana), 2014)

##### **Agregado grueso**

Son materiales producto de la desintegración de rocas, de origen natural o artificial, tienen un tamaño mayor al tamiz 4,75mm (N°4) (NTP (Norma Técnica Peruana), 2014)

**Tabla 3.** Tipos de Agregados según Tamaño

Tamaño (mm)	Tipo de Agregado	Clasificación	Uso en concreto
< 0.002mm	Arcilla	Fracción muy fina	No recomendable
0.002mm – 0.074mm (N° 200)	Limo		
0,075mm - 4,76mm (N° 200)- (N° 4)	Arena	Agregado fino	
4,76mm - 19,1mm (N° 4) – (3/4")	Gravilla	Agregado grueso	Material apto para producir concreto
19,1mm - 50,8mm (3/4") - (2")	Grava		
50,8mm - 152,4mm (2") - (6")	Piedra		
> 152,4mm (6")	Piedra bola		

Fuente: (Sánchez de Guzmán, 2016)

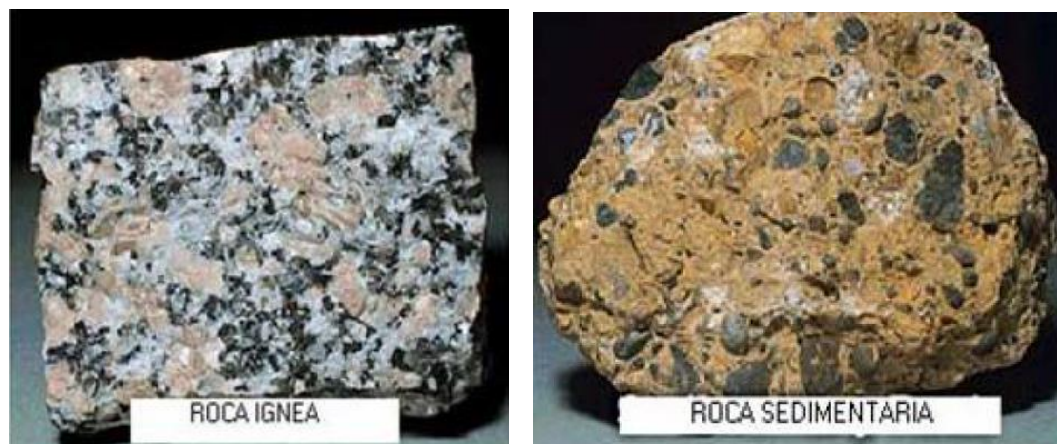
### 2.5.2. Según la procedencia de agregados

#### Agregados de origen natural

Son agregados que se pueden encontrar de manera natural en depósitos fluviales generalmente en ríos (arena y grava) o en glaciares (canto rodado), otras formas de encontrar son en canteras de rocas naturales donde se puede extraer arena o triturar rocas. (Sánchez de Guzmán, 2016)

El origen los agregados naturales son producto de las rocas, estas se distribuyen en tres: rocas ígneas, producto de la transformación por fenómenos naturales dentro de la tierra a causa de la solidificación y enfriamiento del magma, rocas sedimentarias producto fenómenos geológicos externos como la meteorización y las rocas metamórficas como consecuencia de procesos de presión y temperatura (Rivera López, 2017).

**Figura 2.** Rocas ígneas o magmáticas y sedimentaria



**Figura 3. Roca metamórfica**



Las rocas más numerosas son las sedimentarias que conforman el 75% de la superficie terrestre, que generalmente son consecuencia de desunión o descomposición de las rocas ígneas y metamórficas mediante el lapso de la erosión, transporte, depósito y consolidación por agentes como el agua, hielo y aire (Rivera López, 2017).

**Tabla 4. Rocas Sedimentarias**

<b>Agente geológico</b>	<b>Medio de transporte</b>	<b>depósito</b>
Agua	Ríos	Denominados los depósitos aluviales, podemos encontrar el canto rodado, grava, arcilla, limos, etc.
	Lagos	Denominados depósitos lacustres formando estratos horizontales.
	Mar	Denominados depósitos marinos generados por los vientos y mareas.
Aire	Vientos	Conocidos como dunas o barbajanes (arena), loess (limo)
Hielo	Glaciares	Mezcla toda clase de materiales y tamaños

*Fuente:* (Rivera López, 2017)

#### **Agregados de origen artificial**

Son los agregados de origen artificial obtenidos a través de procesos industriales, como ejemplo tenemos a las arcillas y escorias de alto horno. (Sánchez de Guzmán, 2016)

#### **2.5.3. Según la densidad de los agregados**

Según su densidad los agregados pueden ser útiles para la obtención de concreto ligero, concreto normal y concreto pesado.



**Tabla 5. Tipos de los Agregados según su Densidad**

Concreto	PU aprox. del concreto kg/m <sup>3</sup>	PU aprox. Agregado kg/m <sup>3</sup>	Uso	Ejemplo
	500 - 800	60 - 480	Para aislamientos	
Concreto Ligeró	950 - 1350	480 - 1040	Para relleno y mampostería no estructural	Piedra pómez
	1450 - 2000		Estructural	Perlita
Concreto Normal	2000 - 2450	1300 - 1600	Estructural y no estructural	Agregados de río o triturado
Concreto Pesado	2450 - 5600	3400 - 7500	Concreto para defensa contra radiación	Piedra barita, magnetita.

*Fuente:* (Sánchez de Guzmán, 2016)

#### 2.5.4. Según su forma y textura

De acuerdo a su forma los agregados alargados y aplanados pueden afectar algunas propiedades de la mezcla como la trabajabilidad, resistencia y duración, debido a que estas partículas al momento de mezclado se orientan en un solo plano dificultando la trabajabilidad, esto traería como consecuencia posibles formaciones de vacíos.

**Tabla 6. Tipos de Agregados según su Forma**

Forma del agregado	Descripción	Ejemplo
Redondeada	Desgastada totalmente por el agua o por frotamiento.	Gravas de río y arenas de desierto
Irregular	Irregularidad natural, o parcialmente por frotamiento.	Otras gravas subterráneas
Escamosa	Material en cual su espesor es menor a sus dimensiones	Roca laminada
Angular	Bordes bien definidos producto de la unión de caras planas	Rocas trituradas
Alongada	Material angular que su largo es mayor a sus demás dimensiones	Rocas en forma de lajas

*Fuente:* Instituto del concreto, 1997

La textura superficial de las partículas de los agregados tiene un gran impacto en la manejabilidad y en la adherencia de la pasta con los agregados afectando principalmente en la resistencia a flexión.

**Tabla 7. Tipos de Agregados según su Textura**

<b>Textura del agregado</b>	<b>Características</b>	<b>Ejemplo</b>
Vítrea	Fractura concoidal	Escoria vítrea
Lisa	Desgastada por el agua	Gravas, mármol, pizarras y reolitas
Granular	Textura de forma de granos redondeados	Arenisca
Áspera	Textura áspera por cristalinos no visibles	Caliza, basalto, pórfido
Cristalina	Con cristalinos visibles	Granito, gneis, gabro
Apanalada	Con poros o cavidades visibles	Pómez, arcilla expandida

*Fuente:* Instituto del concreto, 1997

## **2.6. Propiedades de los agregados**

Conocer las propiedades nos permiten evaluar su calidad y aporte al concreto, considerando que son los principales componentes que repercute en las propiedades del concreto, las propiedades de los agregados se obtienen mediante ensayos referido en las normas NTP y ASTM.

### **2.6.1. Granulometría**

Denominada como la distribución de las partículas por su tamaño, que constituyen los agregados. Se obtiene a través de la repartición de partículas de igual tamaño una muestra de agregado. (Sánchez de Guzmán, 2016). La granulometría se evalúa mediante husos granulométricos (rango de variación de la gradación de los agregados) establecidos en las normas.

#### **2.6.1.1. Granulometría del agregado fino**

Se determina por separación del agregado en partículas de igual tamaño con una serie de tamices normalizados. (Abanto Castillo, 2009).

La NTP 400.037 y ASTM C33 especifica el huso granulométrico para agregado fino. Se recomienda que el agregado fino no debe quedar retenido el 45% en dos tamices adyacentes, y su módulo de finura debe estar en el rango de 2,3 y 3,1.

Los agregados finos que no obedezcan con las gradaciones especificadas, la norma permite el uso, siempre que garanticen y avalen que el agregado genera un concreto de la resistencia requerida.

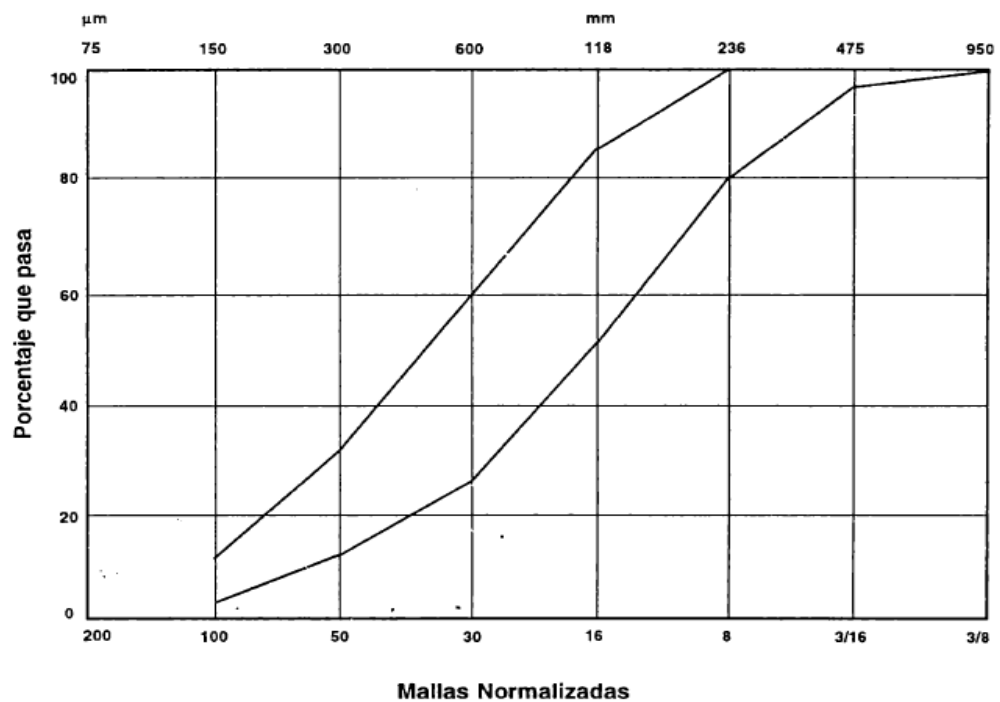
**Tabla 8.** *Huso Granulométrico del Agregado Fino*

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (N° 4)	95 - 100
2,36 mm (N° 8)	80 - 100
1,18 mm (N° 16)	50 - 85
600 μm (N° 30)	25 - 60
300 μm (N° 50)	5 - 30
150 μm (N° 100)	0 - 10

*Fuente:* (NTP (Norma Técnica Peruana), 2014)

El control del tamaño de las partículas se aprecia mediante un gráfico.

**Figura 4.** *Huso Granulométricos del Agregado Fino*



*Fuente:* (Abanto Castillo, 2009)

### 2.6.1.2. Granulometría del agregado grueso

Es el procedimiento de distribución de partículas de igual tamaño en las mallas normalizadas para el agregado grueso.

**Tabla 9. Husos Granulométricos del Agregado Grueso**

Huso	TMN	Porcentaje que pasa													
		100mm 4pulg	90mm 3½pulg	75mm 3pulg	63mm 2½pulg	50mm 2pulg	37.5mm 1½ pulg	25.0mm 1 pulg	19.0mm ¾ pulg	125mm 1/2pulg	9.5 mm 3/8pulg	4.75mm Nº.4	2.36mm Nº.8	1.18mm Nº.16	300µm Nº.50
1	90 – 37.5mm (3 ½ - 1 ½ pulg)	100	90-100	...	25 - 60	...	0 - 15	...	0-5	...	...	...	...	...	
2	63 - 37,5mm (2 ½ - 1 ½ pulg)	...	...	100	90-100	35-70	0 - 15	...	0-5	...	...	...	...	...	
3	50 – 25.0mm (2 - 1 pulg)	...	...	...	100	90-100	35-70	0-15	...	0-5	...	...	...	...	
357	50 – 4.75mm (2 - No. 4)	...	...	...	100	95-100	...	35-70	...	10-30	...	0-5	...	...	
4	37.5 – 19.0mm (1 ½ - ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90-100	20-55	0-5	...	0-5	...	...	...	
467	37.5 – 4.75mm (1 ½ - No. 4)	...	...	...	...	100	95-100	...	35-70	...	10-30	0-5	...	...	
5	25.0 – 12.5mm (1 - ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90-100	20-55	0-10	0-5	...	...	...	
56	25.0 – 9.5mm (1 - 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5	...	...	
57	25.0 – 4.75mm (1 - Nº 4)	...	...	...	...	...	100	95-100	...	25 a 60	...	0-10	0-5	...	
6	19.0 – 9.5mm (¾ - 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90-100	20-55	0-15	0-5	...	...	
67	19.0 - 4mm (¾ - Nº 4)	...	...	...	...	...	...	100	90-100	...	20-55	0-10	0-5	...	
7	12.5 – 4.75mm (1/2 - Nº 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90-100	40-70	0-15	0-5	...	
8	9.5 – 2.36mm (3/8 - Nº 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85-100	10-30	0-10	0-5	
89	12.5 – 9.5mm (1/2 - 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90-100	20-55	5-30	0-10	
9	4.75 – 1.18mm (Nº 4 - Nº 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85-100	10-40	0-10	

Fuente: (NTP (Norma Técnica Peruana), 2014)

### 2.6.1.3. Factores que derivan del análisis granulométrico

Indicadores que se obtienen de la granulometría de gran importancia en la determinación de proporciones en el concreto:

- **Módulo de fineza**

Es un indicativo para diferenciar la finura de un agregado. Se consigue al sumar los porcentajes de las masas retenidas acumuladas de los tamices estándares desde el tamiz Nº100 en adelante, en relación 1:2, dividido por 100. Mientras menor es su valor significa que es más fino el material. (Sánchez de Guzmán, 2016)

**Tabla 10.** Tipo de Agregado Fino de acuerdo a su Finura

Módulo de Finura	Agregado Fino
< 2.0	Muy fino
2.0 a 2.3	Fino
2.3 a 2.6	Ligeramente fino
2.6 a 2.9	Mediano
2.9 a 3.2	Ligeramente grueso
3.2 a 3.5	Grueso
3.5 >	Muy grueso

Fuente: (Rivera López, 2017)

- **Tamaño máximo**

Es el tamaño de la abertura del menor tamiz que el material pase el 100% de sus partículas (Sánchez de Guzmán, 2016)

- **Tamaño máximo nominal**

Es el tamaño de la abertura del tamiz donde queda contenido el material entre 5% y 10%. (NTP (Norma Técnica Peruana), 2014)

### 2.6.2. Textura

Propiedad intrínseca del agregado, su textura superficial interviene principalmente en la adherencia del agregado con la pasta.

Se clasifica de acuerdo a la textura superficial de los agregados, se pueden presentar de forma lisa (agregados redondeados) o áspera (agregados triturados), ligados a su dureza, forma y estructura. (Sánchez de Guzmán, 2016)

### 2.6.3. Superficie específica

La superficie específica está en relación directa a su área superficial e inversa a su volumen, (Sánchez de Guzmán, 2016). Si el agregado tuviera forma esférica su superficie específica sería:

$$SE = \frac{\text{Área superficial}}{\text{volumen}} = \frac{4\pi r^2}{\left(\frac{3}{4}\right)\pi r^3} = \frac{3}{r} = \frac{6}{d}$$

El área superficial incrementa cuando el tamaño de la partícula disminuye, asimismo, a medida que la partícula es más fina (menor diámetro) la superficie específica es mayor, esto influye en el contenido de pasta cementante.

Según (Sánchez de Guzmán, 2016), la consistencia del concreto disminuye cuando la superficie se incrementa.

#### **2.6.4. Peso específico de los agregados**

##### **2.6.4.1. Peso específico de los agregados**

Es la propiedad de los agregados que relaciona la masa seca por su volumen, considerando los poros permeables e impermeables (NTP (Norma Técnica Peruana), 2013).

##### **2.6.4.2. Peso específico en condición saturada con superficie seca (SSS) de los agregados**

Es la relación de la masa saturada con superficie seca por su volumen de los agregados (NTP (Norma Técnica Peruana), 2013).

##### **2.6.4.3. Peso específico aparente de los agregados**

Es la relación de la masa por su volumen de la parte impermeable del agregado (NTP (Norma Técnica Peruana), 2013).

#### **2.6.5. Absorción de los agregados**

Es la cantidad de agua que logra absorber los agregados durante un periodo definido (pasa de un estado saturado con superficie seca a seca al horno), libre del agua de la superficie, en relación al peso seco (NTP (Norma Técnica Peruana), 2013).

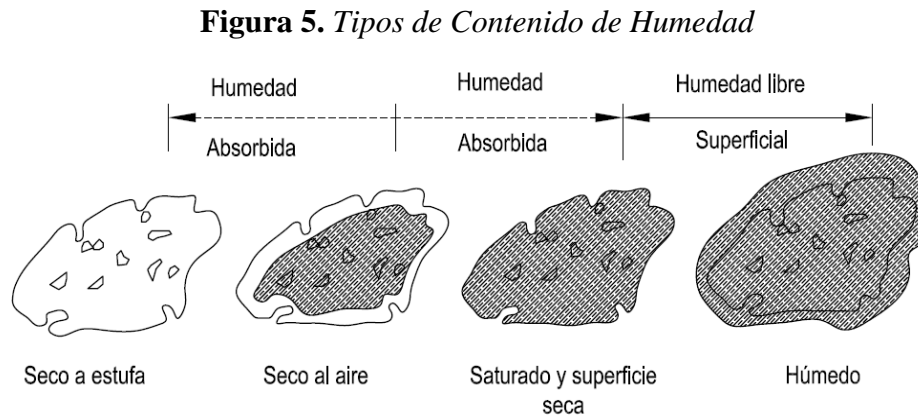
#### **2.6.6. Peso unitario de los agregados**

Peso del material en relación al volumen unitario (incluye espacios vacíos entre partículas), siendo un valor importante para convertir pesos a volumen y viceversa (NTP (Norma Técnica Peruana), 2011).

El peso unitario suelto es muy útil para conversiones de proporciones de concreto de peso a volumen y viceversa; su denominación será Peso Unitario Suelto (PUS) y Peso Unitario Compacto (PUC).

### 2.6.7. Contenido de humedad de los agregados

Definida como el agua que tiene los agregados de forma natural en los poros o capilares que están interconectados con el exterior, que permiten saturar los mismos y quedar retenida formando una película adherida a las mismas (NTP (Norma Técnica Peruana), 2013).



*Fuente:* Elaboración Propia

### 2.6.8. Material que pasa el Tamiz N°200

Se define a la cantidad de materiales finos que pasa el tamiz de 75um (N°200), a las partículas como arcillas y otras partículas finas dispersas en agua, como materiales solubles en aguas (NTP (Norma Técnica Peruana), 2002).

Según ASTM C39 el máximo material fino será de 5.0% para agregado fino en concretos no sujeto a la abrasión y 1.0% para el agregado grueso.

### 2.6.9. Resistencia a la Abrasión

Oposición ante fuerzas de impacto, desgaste y frotamiento que presentan los agregados, de forma mecánica o hidráulica, la resistencia a la abrasión incrementa cuando disminuye la cantidad de material fino. El desgaste se define como el porcentaje de material perdido en relación a la muestra original.

Se determina mediante la Prueba de los Ángeles que permite conocer la durabilidad y la resistencia de los agregados, según (NTP (Norma Técnica Peruana), 2002). Este ensayo se realiza a agregados de tamaño menor a 37.5mm (1 ½ pulg) en la máquina los Ángeles, por 500 revoluciones y luego la determinación de material desgastado a todo aquello que pasa el tamiz 70 mm (N°12).

## **2.7. Propiedades del Concreto Fresco**

### **2.7.1. Trabajabilidad o manejabilidad**

El concreto en estado fresco se puede determinar la condición para ser mezclado, colocado, manipulado, transportado y consolidado adecuadamente, a esto se conoce como la trabajabilidad del concreto (Sánchez de Guzmán, 2016).

### **2.7.2. Consistencia**

Propiedad del concreto referida a la humedad o cantidad de agua en la mezcla y su grado de fluidez (seca o fluida), la humedad de la mezcla es proporcional a su fluidez y facilidad de colocación en estructuras.

La consistencia del concreto se mide a través de la prueba de “slump”, mientras más agua tiene la mezcla el asentamiento en la prueba de slump será mayor, según (NTP (Norma Técnica Peruana), 2009) mientras más fluido es la consistencia del concreto su resistencia disminuye.

### **2.7.3. Segregación**

Es una propiedad que se debe evitar y que se define como la desunión de sus constituyentes (separación de los agregados con la pasta), esta propiedad está relacionada a otros factores como la selección de proporciones, trabajabilidad, colocación.

La segregación se relaciona directamente con la humedad de la mezcla, teniendo mayor riesgo cuando está más húmeda. La segregación se puede notar cuando el concreto después de colocado y fraguado presenta bolsones de piedra, estratos arenosos, cangrejeras. Etc (Sánchez de Guzmán, 2016).

### **2.7.4. Exudación**

Conocido también como sangrado, se origina producto del ascenso del agua después de colocado hacia la superficie producto de la sedimentación del material sólido, ocurre momentos después de la colocación del concreto (Abanto Castillo, 2009).

Generalmente se produce debido a una mala dosificación del concreto, exceso de agua, uso de aditivos y temperatura de la zona, siendo mayor la exudación cuando la temperatura es mayor.



### **2.7.5. Durabilidad**

Es la capacidad del concreto de resistir u oponerse ante acciones externas (intemperie), acciones químicas, desgaste a lo largo del tiempo. La principal acción a la que está expuesto el concreto es a condiciones de hielo y deshielo (Abanto Castillo, 2009).

La durabilidad del concreto depende de su impermeabilidad, pudiendo aumentarse con el empleo de aditivos.

### **2.7.6. Impermeabilidad**

Es la oposición a que un fluido atraviese y alterar sus propiedades, la impermeabilidad en el concreto se puede mejorar bajando la cantidad de agua de la mezcla, que durante el proceso de fraguado el agua se evapora dejando vacíos y espacios interconectados, también se puede mejorar con la incorporación de aire (burbujas diminutas) y un curado adecuado. La impermeabilidad del concreto tiene una relación directa con su resistencia (Abanto Castillo, 2009).

### **2.7.7. Contenido de aire en la mezcla**

Es la cantidad de aire atrapado en la mezcla formando burbujas dentro del concreto, se origina en el proceso de mezclado o puede ser intencionalmente incorporado mediante aditivos.

Según (Niño Hernández, 2010) la cantidad de aire atrapado de un concreto varía de 1% al 2% del volumen de la mezcla, y con aditivos varía de 4% al 8%.

La cantidad de aire depende de dos factores: la cantidad de material fino es inferior al tamiz 75  $\mu\text{m}$  (N°200) y la materia orgánica. El material fino, en forma de limos y arcillas, reduce la cantidad de aire en la mezcla y la materia orgánica ayuda a atrapar burbujas de aire no deseados e incrementar la capilaridad del concreto (Niño Hernández, 2010).

### **2.7.8. Peso unitario del concreto**

Es una propiedad del concreto que se obtiene a través de peso sobre su volumen, está en relación a su peso específico de los agregados, aire, agua y las proporciones del concreto (Rivva López, 2013).

## 2.8. Propiedades del Concreto Endurecido

### 2.8.1. Resistencia a Compresión

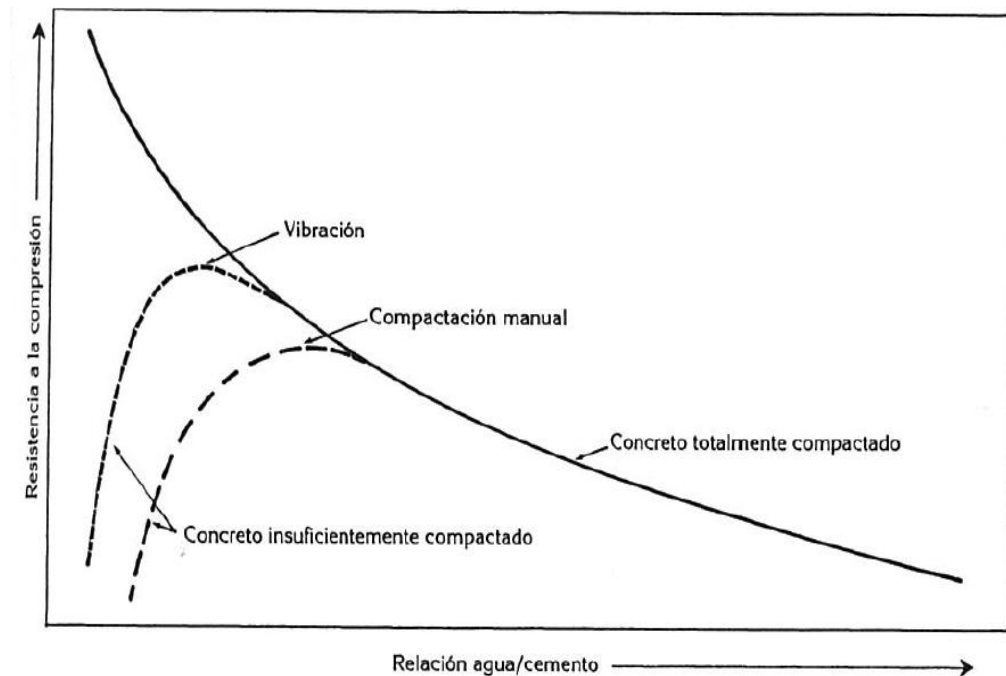
Es la capacidad del concreto para resistir cargas y esfuerzos, no se puede evaluar en condición plástica, por lo que la normativa recomienda realizar muestra durante el mezclado las cuales después de curadas en un tiempo determinado, generalmente 28 días ha logrado su resistencia máxima.

(Abanto Castillo, 2009) define como el esfuerzo máximo alcanzado por un material sin romperse (agrietamiento, rotura).

#### Factores que influyen en la Resistencia

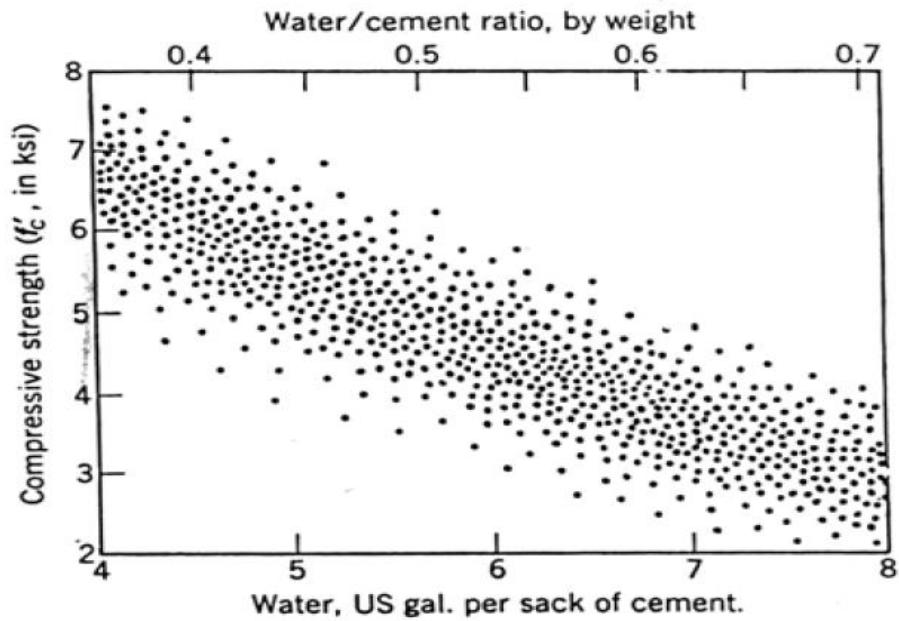
- **La relación agua - cemento (a/c)**, es un indicador de la variación de la resistencia, cuando la relación a/c crece la resistencia disminuye. Una relación a/c baja, disminuye la porosidad mejorando la adherencia de la pasta con los sólidos, aumentando la resistencia, caso contrario si la relación a/c es alta aumenta la porosidad, reduciendo la resistencia (Sánchez de Guzmán, 2016).

**Figura 6.** Resistencia vs Relación a/c, para Diferentes Grados de Compactación



Fuente: (Sánchez de Guzmán, 2016)

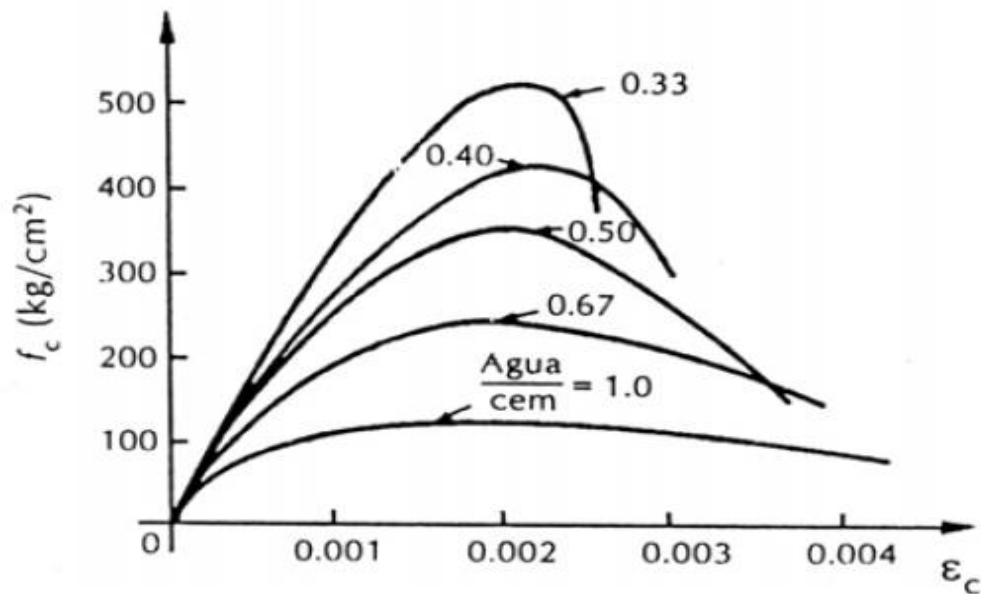
**Figura 7.** Influencia del Factor  $a/c$  en la Resistencia del Concreto



Fuente: (ACI (American Concrete Institute), 1991)

La incidencia de la relación  $a/c$  en la curva esfuerzo – deformación, donde, si disminuye la relación  $a/c$ , incrementa la resistencia y rigidez axial (módulo de elasticidad). El concreto a menor resistencia muestra mayores deformaciones de rotura ( $\epsilon_{cu}$ ) caso contrario cuando el concreto tiene mayor resistencia presenta menores deformaciones (Gonzales Cuevas & Robles Fernández-Villegas, 2005).

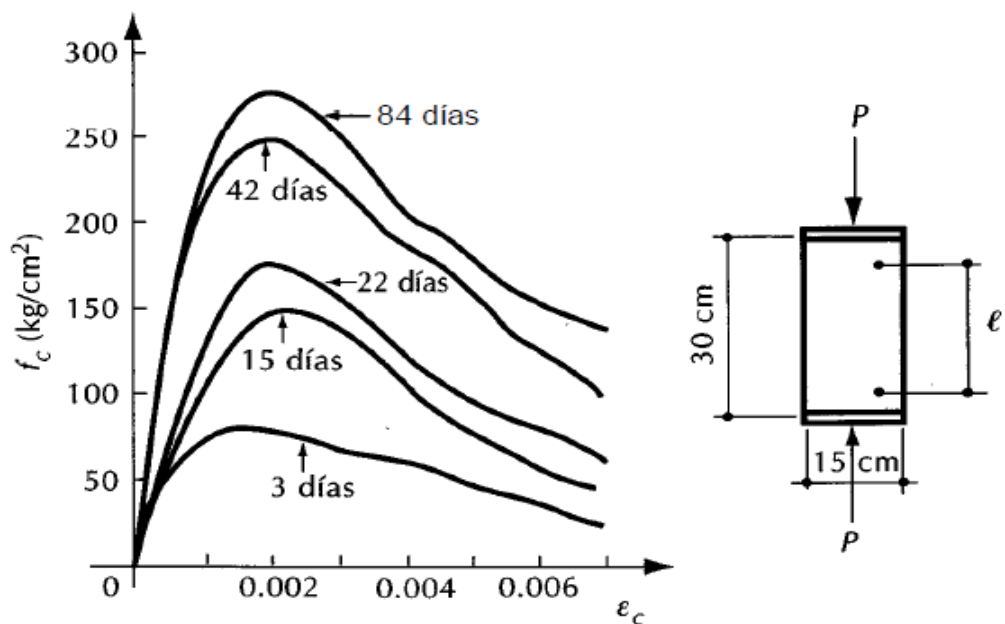
**Figura 8.** Influencia del Factor  $a/c$  en la Resistencia vs Deformación



Fuente: (Gonzales Cuevas & Robles Fernández-Villegas, 2005)

- **Los agregados.** Influyen de acuerdo a las propiedades que presenten:
  - Granulometría.** Cuando más continua es, se logra una mejor compactación y máxima densidad del concreto en estado, en consecuencia, mayor resistencia.
  - Forma y textura.** Los agregados que tienen una forma angular y superficie rugosa generan mayor adherencia con la pasta, incrementando la resistencia en comparación con los agregados redondeados y lisos para una misma relación a/c.
- **Cantidad de cemento.** La resistencia se incrementa cuando mayor es el aporte de cemento para una misma cantidad de concreto.
- **Condiciones de curado.** La hidratación del cemento solo ocurre con agua, se debe mantener húmedo al concreto generalmente durante la etapa de curado. A mejores condiciones de curado se logra un mejor desarrollo e incrementa su resistencia con el tiempo. (Abanto Castillo, 2009)

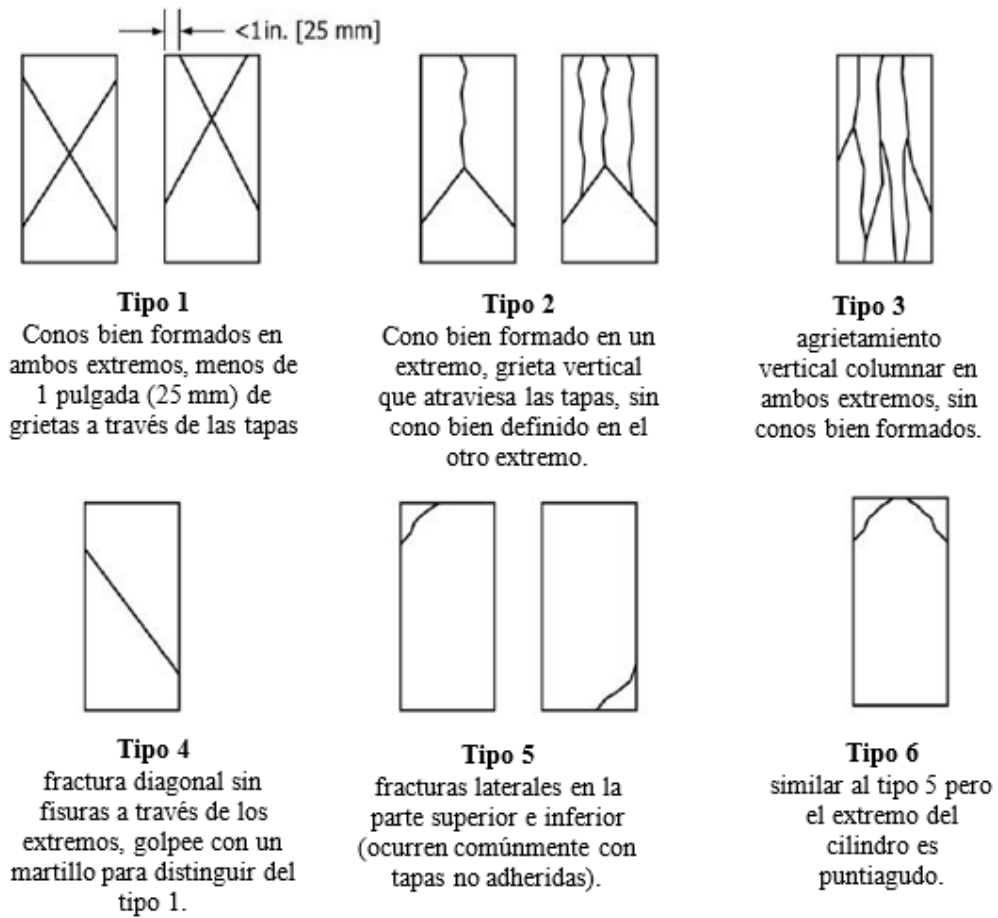
**Figura 9.** Incremento de la Resistencia en Relación a la Edad



Fuente: (Gonzales Cuevas & Robles Fernández-Villegas, 2005)

## Diagramas típicos de fractura en ensayo de probetas de concreto

**Figura 10.** Tipos de Fracturas en Cilindros de Concreto



*Fuente:* (Abanto Castillo, 2009)

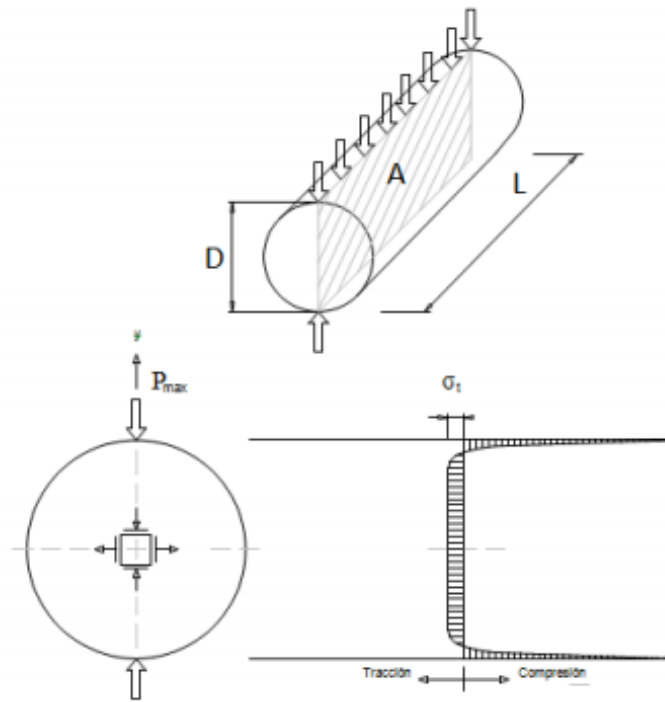
La resistencia en compresión se determina mediante el ensayo de especímenes o probetas de concreto ASTM C39 y NTP 339.034.

Las probetas o especímenes cilíndricos normalizados tienen un tamaño de 6 x 12 pulgadas o de 4 x 8 pulgadas, o una relación mayor a 1.75 de su longitud con el diámetro, además que el diámetro debe ser como mínimo 3 veces mayor al TMN del agregado grueso.

### 2.8.2. Resistencia a Tracción por Compresión Diametral

La resistencia en tracción de un cilindro (probeta) se define como la relación del esfuerzo máximo de tracción en el plano central de sección circular. Es de mucha importancia generalmente en estructuras sometidas a tracción como pavimentos y obras hidráulicas.

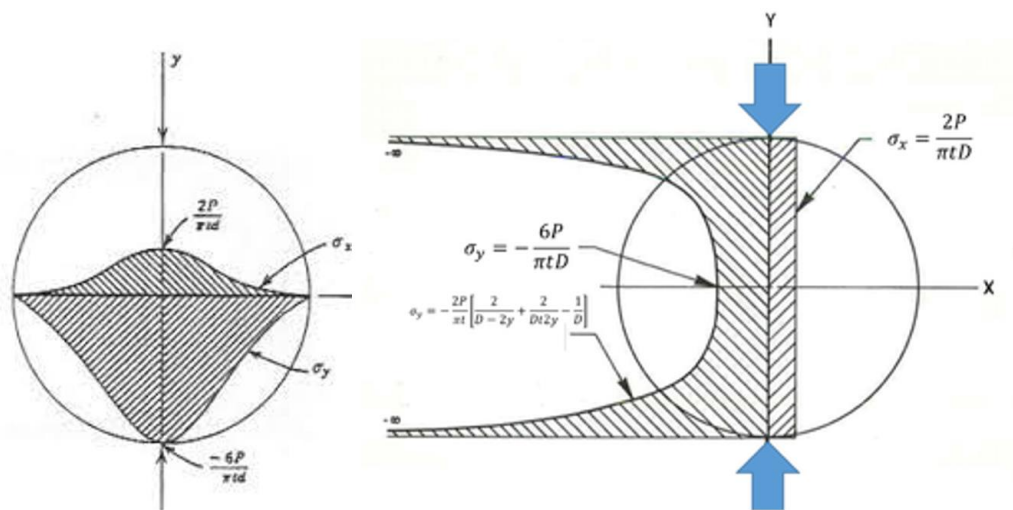
**Figura 11.** *Ensayo de Compresión Diametral (Split Test)*



*Fuente:* Elaboración Propia.

Al someter a una probeta a compresión diametral, lo cual ocasiona tensiones bidimensionales en su interior, generando plano de tensiones horizontales y verticales, en el plano vertical se generan tensiones variables de compresión y otras teóricamente constantes de tracción.

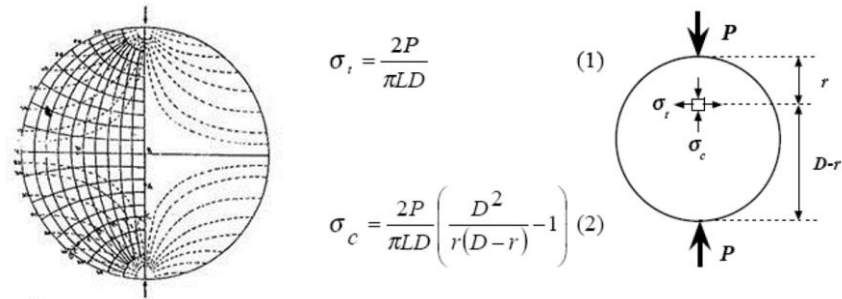
**Figura 12.** *Tensiones sobre los Planos Diametral y Vertical*



*Fuente:* (Galves, Cendon, & Sanchez., 2003)

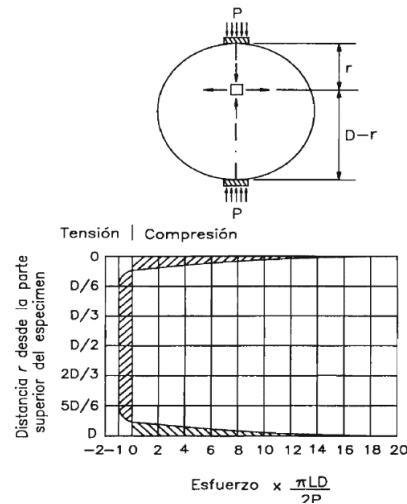
Los esfuerzos a tracción son máximas y constantes en el plano donde se suministra la carga a diferencia de los esfuerzos a compresión.

**Figura 13.** Tensiones en el Plano Simétrico por una Carga Puntual



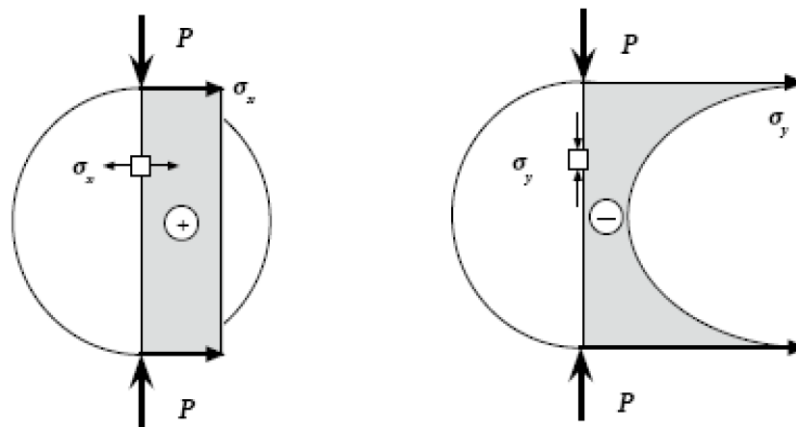
Fuente: (Galves, Cendon, & Sanchez., 2003)

**Figura 14.** Distribución de Tensiones en el Plano Diametral



Fuente: (Civilgeeks, 2011)

**Figura 15.** Tensiones en el Plano de Aplicación de la Carga



Fuente: (Galves, Cendon, & Sanchez., 2003)

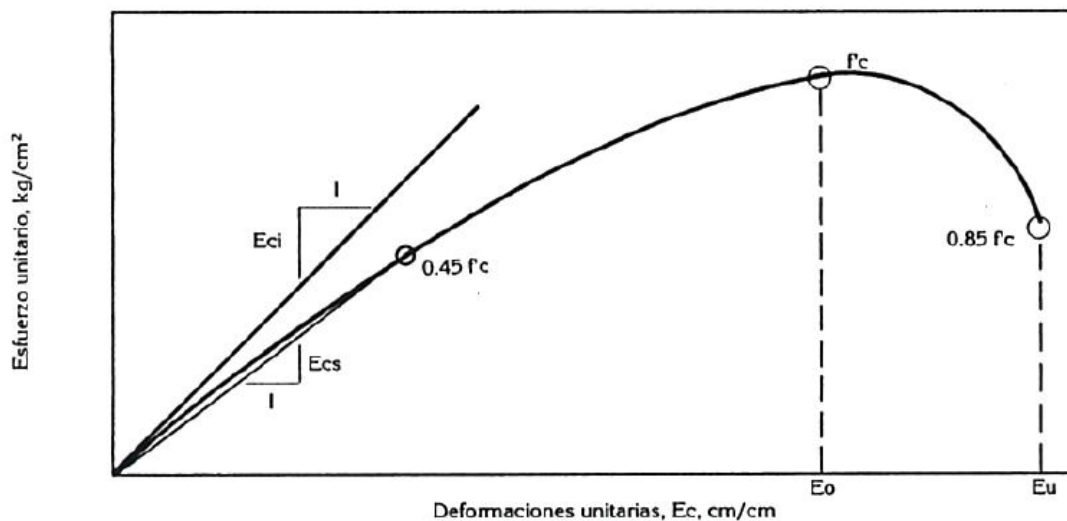
### 2.8.3. Módulo de Elasticidad

La elasticidad es la capacidad de los materiales de sufrir deformaciones reversibles ante fuerzas externas. El módulo de elasticidad según ASTM C469M – 14, es la inclinación de la recta desde un esfuerzo mínimo o nulo hasta el 40% del esfuerzo máximo, en la gráfica que relaciona esfuerzo con su deformación unitaria del concreto. Según (ACI (American Concrete Institute), 2019) el concreto es elástico hasta el 45% de su esfuerzo máximo.

El módulo de elasticidad depende de muchos factores como los agregados, las proporciones, adherencia y la edad del concreto. Según (Pascal Carbajal, 1998) el concreto generalmente no es un material elástico rigurosamente lineal.

La elasticidad del concreto se define una primera fase elástica desde el inicio hasta el 40% de la carga aplicada y una segunda fase, representa una curva de la gráfica esfuerzo deformación a consecuencia de una micro fisuración, estas grietas se localizan en la interfase agregado - pasta y están comprendidas desde el 45% y 98% del esfuerzo del concreto. (Concretoen360, 2018)

**Figura 16.** Curva de Esfuerzo vs Deformación del Concreto



*Fuente:* (Sánchez de Guzmán, 2016)

La elasticidad influye en los desplazamientos, deflexión, derivas y rigidez. Su valor es muy importante para el análisis estructural, nos permite determinar el acortamiento de un elemento estructural por carga axial.





### **2.8.4.3. Poros Gel**

Son poros que se encuentran en la pasta de cemento hidratado y endurecido (poros intersticiales del gel), tienen un diámetro menor a 0.00002mm (0.02 $\mu$ m). Los poros gel no intercambian agua con el medio ambiente salvo en caso se encuentre a una humedad por debajo del 20%, el agua no congela por tener un diámetro pequeño.

Los poros más importantes en la durabilidad de los concretos expuestos ante agentes externos son los poros capilares y macroporos (por aire atrapado o incorporado).

## **2.9. Diseño de Mezclas de concreto**

Es el procedimiento de selección y determinación de cantidades o proporción de sus componentes; cemento, agua, agregados y aire atrapado o incluido intencionalmente, determinando sus cantidades parciales para producir un concreto con las propiedades deseadas.

Para determinación de las cantidades de cada uno de los materiales que conforman el concreto (proporciones), se requiere saber las propiedades y características de todos los componentes y las circunstancias a la que se será expuesto el concreto (Sánchez de Guzmán, 2016).

Existen diversos métodos para la cantidad de los componentes del concreto, para este estudio se utilizará el método de diseño de combinación de agregados considerando las condiciones y requerimientos como:

- Relación agua-cemento.
- TMN.
- Asentamiento (consistencia).
- Condiciones de exposición.
- Resistencia en compresión mínima requerida.

### **2.9.1. Método de Diseño de combinación de agregados**

#### **2.9.1.1. Determinación de la Resistencia Promedio**

La resistencia promedio siempre se sugiere que sea siempre mayor a la especificada, dependiendo del control y calidad del concreto, puede variar de acuerdo a factores:

- Los materiales que lo componen.
- Condiciones, proceso y control.

La resistencia promedio se puede obtener según el (ACI (American Concrete Institute), 1991), cuando se tiene o no registros de ensayos realizados, cuando se cuenta con registro se calcula la desviación estándar de los registros.

### **Desviación estándar**

Se define como la medida de dispersión de los datos en relación al promedio, siendo directamente proporcional.

La desviación estándar ( $S_s$ ) es muy útil para la elección de la resistencia promedio cuando se tienen registros de ensayos anteriores y estos datos deben obedecer con las siguientes condiciones.

- Los datos deben estar dentro del rango de  $\pm 7$  MPa de  $f'c$ .
- Se debe contar con al menos 30 registros de ensayos consecutivos.

Si el registro es de 15 a 29 datos estos deberán ser corregidos por un factor de modificación.

**Tabla 11.** *Factor de Modificación para la Desviación Estándar*

<b>N° de datos</b>	<b>Factor de modificación</b>
Menos de 15	Emplear tabla sin registro de datos
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

*Fuente:* (RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones), 2009)

#### **a. Resistencia Promedio Requerido.**

La resistencia promedio ( $f'cr$ ), utilizada para la dosificación cuando se cuenta con registro de ensayos se obtiene empleando la siguiente tabla.

**Tabla 12.** *Resistencia Promedio sin Registro de Datos*

<b>Resistencia especificada MPa (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia promedio MPa (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
$f'c \leq 35$	Mayor valor de.
	$f'cr = f'c + 1.34 S_s$
	$f'cr = f'c + 2.33 S_s - 3.5$ (35)
$f'c > 35$	Mayor valor de.
	$f'cr = f'c + 1.34 S_s$
	$f'cr = 0.90 f'c + 2.33 S_s$

*Fuente:* (RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones), 2009)

Cuando no se tiene registros de ensayos, la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ), se obtiene en la siguiente Tabla.

**Tabla 13.** Resistencia Promedio con Registro de Datos

Resistencia especificada MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio MPa (kg/cm <sup>2</sup> )
$f'c < 21$ (210)	$f'_{cr} = f'c + 7.0$ (70)
$21 (210) \leq f'c \leq 35$ (350)	$f'_{cr} = f'c + 8.5$ (84)
$f'c > 35$ (350)	$f'_{cr} = 1.1 f'c + 5.0$ (50)

Fuente: (RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones), 2009)

### 2.9.1.2. Determinación del TMN del Agregado Grueso

El TMN depende principalmente de su granulometría del agregado, pero también se debe tener en cuenta las dimensiones a las que se va a colocar el concreto donde no puede exceder de:

- 1/3 espesor losa.
- 3/4 separación entre las barras de refuerzo

Según (RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones), 2009) estos parámetros se pueden obviar si se demuestra una buena trabajabilidad y se asegura que la compactación evitará la formación de vacíos o cangrejeras.

**Tabla 14.** Selección del TMN del Agregado Grueso

TMN	Porcentajes que pasan en los tamices							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	...	35-70	...	10-30	...	0.5	...
1 1/2"	100	95-100	...	35-70	...	10-30	0.5	...
1"	...	100	95-100	...	25-60	...	0.10	0.5
3/4"	...	...	100	90-100	...	20-55	0.10	0.5
1/2"	...	...	...	100	90-100	40-70	0.15	0.5
3/8"	...	...	...	...	100	85-100	10-30	0.10

Fuente: (ACI (American Concrete Institute), 1991)

El TMN también se puede determinar a partir de la granulometría del agregado grueso.

### 2.9.1.3. Elección del Asentamiento

El asentamiento demuestra la trabajabilidad del concreto en estado fresco, sus valores se requieren de acuerdo al elemento al cual se va utilizar el concreto. Se puede elegir de acuerdo a las siguientes tablas.

**Tabla 15. Asentamiento y Trabajabilidad Requerida**

<b>Tipos</b>	<b>Asentamiento</b>	<b>Trabajabilidad</b>
Consistencia seca	0" (0mm) - 2" (50mm)	Poco trabajable
Consistencia plástica	3" (75mm) - 4" (100mm)	Trabajable
Consistencia húmeda	≥ 5" (125mm)	Muy trabajable

Fuente: (Rivva López, 2013)

**Tabla 16. Asentamiento Recomendado para Elementos Estructurales**

<i>Elementos Estructurales</i>	<b>Asentamiento (cm)</b>	
	<b>Máx.</b>	<b>Mín.</b>
Zapatas y muros	8	2
Zapatas, muros y cajones	8	2
Vigas y muros	10	2
Columnas	10	2
Pavimentos	8	2

Fuente: (Rivva López, 2013)

#### 2.9.1.4. Cantidad de Agua de Mezcla

La cantidad de volumen de agua que se solicita para una unidad cúbica de concreto según (ACI (American Concrete Institute), 1991), está en relación a su consistencia y el TMN del agregado grueso en estado seco. Si los agregados están en estado fresco esta cantidad de agua se deberá corregir en función a humedad superficial (humedad menos absorción).

**Tabla 17. Cantidad de Agua de Mezcla Recomendada**

<b>Asentamiento</b>	<b>Agua (lt/m<sup>3</sup>)</b>							
	<b>3/8"</b>	<b>1/2"</b>	<b>3/4"</b>	<b>1"</b>	<b>1 1/2"</b>	<b>2"</b>	<b>3"</b>	<b>6"</b>
<b>sin aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	11
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
<b>con aire incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Fuente: (ACI (American Concrete Institute), 1991)

### 2.9.1.5. Cantidad de Aire Atrapado

El aire atrapado aproximado que tiene el concreto depende a los materiales, colocación, granulometría y TMN del agregado.

**Tabla 18.** *Cantidad de Aire Atrapado en la Mezcla*

TMN	Aire Atrapado (%)
3/8"	3.00
1/2"	2.50
3/4"	2.00
1"	1.50
1 1/2"	1.00
2"	0.50
3"	0.30

*Fuente:* (ACI (American Concrete Institute), 1991)

La cantidad de aire total de la mezcla (atrapado más incorporado) donde el aire es incorporado mediante aditivos para optimizar propiedades del concreto, como la durabilidad cuando se encuentra en condiciones de hielo y deshielo.

**Tabla 19.** *Cantidad de Aire Atrapado más Incorporado*

TMN	Cantidad de aire total (%)		
	Exposición		
	Suave	Moderada	Severa
3/8"	4.5	6.0	7.5
1/2"	4.0	5.5	7.0
3/4"	3.5	5.0	6.5
1"	3.0	4.5	6.0
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2.0	4.0	5.0
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1.0	3.0	4.0

*Fuente:* (Rivva López, 2013)

### 2.9.1.6. Determinación de la Relación a/c por Resistencia

La determinación de la relación a/c requerida para una mezcla de concreto por resistencia se tiene en cuenta la tabla:

**Tabla 20. Relación a/c por Resistencia**

Resistencia promedio f'cr (kg/cm2)	Relación a/c	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	...
400	0.43	...
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: (ACI (American Concrete Institute), 1991)

### 2.9.1.7. Determinación de la Relación a/c por Durabilidad

**Tabla 21. Clases de Exposición del concreto**

Categoría	Clase	Condición	
Hielo y deshielo (F)	<b>F0</b>	No sujeto a hielo y deshielo	
	<b>F1</b>	Expuesto a hielo y deshielo, eventualmente a la humedad	
	<b>F2</b>	Expuesto a hielo y deshielo además de humedad	
	<b>F3</b>	Expuesto a hielo y deshielo, además a productos químicos	
Sulfatos (S)	<b>S0</b>	<b>Sulfatos solubles en agua (<math>so_4^{2-}</math>) en el suelo, % en masa</b> $(so_4^{2-}) < 0.10$	<b>Sulfato (<math>so_4^{2-}</math>) disuelto en agua, ppm</b> $(so_4^{2-}) < 150$
	<b>S1</b>	$0.10 \leq (so_4^{2-}) \leq 0.20$	$150 \leq (so_4^{2-}) \leq 1500$ o agua marina
	<b>S2</b>	$0.20 \leq (so_4^{2-}) \leq 2.00$	$1500 \leq (so_4^{2-}) \leq 10000$
	<b>S3</b>	$(so_4^{2-}) > 2.00$	$(so_4^{2-}) > 10000$
En contacto con agua (W)	<b>W0</b>	Contacto con agua, no se requiere baja permeabilidad	
	<b>W1</b>	Contacto con agua, se requiere baja permeabilidad	
Protección para la corrosión del refuerzo (C)	<b>C0</b>	Protegido contra la humedad	
	<b>C1</b>	Sujeto a la humedad, no a cloruros	
	<b>C2</b>	Sujeto a la humedad y a cloruros y sales	

Fuente: (ACI (American Concrete Institute), 2014)

**Tabla 22.** *Condiciones para el Concreto según la Exposición*

<b>Clase de Exposición</b>	<b>Relación a/c máx.</b>	<b>f'c Mínimo MPa</b>
F0	N/A	17
F1	0.55	24
F2	0.45	31
F3	0.40	35
S0	N/A	17
S1	0.50	28
S2	0.45	31
S3	0.45	31
W0	N/A	17
W1	0.50	28
C0	N/A	17
C1	N/A	17
C2	0.40	35

#### **2.9.1.8. Selección final de la Relación Agua Cemento**

Conocidos las relaciones a/c tanto por resistencia y durabilidad, se elige el menor de los dos valores.

#### **2.9.1.9. Contenido de Cemento para un Metro Cúbico**

La cantidad de cemento en el concreto se calcula tras haber determinado la relación a/c y el agua de mezcla.

$$\text{Cemento (kg/m}^3) = \frac{\text{Agua (L/m}^3)}{\text{a/c (f'cr)}}$$

$$\text{Factor cemento (bolsas/m}^3) = \frac{\text{cemento (kg/m}^3)}{42.5 \text{ kg/bolsa}}$$

$$\text{Volumen (m}^3) = \frac{\text{cemento (kg/m}^3)}{\text{peso específico (kg/m}^3)}$$

#### **2.9.1.10. Determinación de la cantidad Agregado en la mezcla**

Los agregados no presentan una granulometría ideal, sus propiedades varían de acuerdo a muchos factores como su origen, forma, textura, tamaño, etc. Esto hace imposible estimar una cantidad estándar de agregados para cualquier tipo de concreto generando un problema determinar las cantidades ideales de los



agregados que permita la menor cantidad de pasta y obtener buenos resultados de las propiedades del concreto (Rivva López, 2013).

La cantidad de cada uno de agregados que produzca un concreto trabajable dependen de su fineza, combinación ideal de los agregados y de su TMN. La cantidad de los agregados en el volumen del concreto está sujeto a sus módulos de fineza y la superficie específica que presenta, que a medida que aumenta su fineza se requiere mayor cantidad de pasta, pero para una misma cantidad pasta, incrementa la fineza del agregado y la resistencia.

El método de diseño de combinación de agregados determina las cantidades de los agregados para diferentes resistencias, teniendo como factores de variación a la relación a/c y del contenido total de agua (Rivva López, 2013).

**Tabla 23.** *Módulo de Fineza de Combinación*

TMN	Módulo de fineza de la combinación de agregados (sacos/m <sup>3</sup> )			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

*Fuente:* (Rivva López, 2013)

Módulo de fineza de combinación de agregados (Tabla 23):

$$m_c = r_{af} \cdot m_{af} + r_{ag} \cdot m_{ag}$$

Porcentaje de agregado fino del volumen total de agregados

$$r_{af} = \frac{m_{ag} - m_c}{m_{ag} - m_{af}} \times 100$$

Dónde

$m_{af}$  = Módulo de fineza del A. fino.

$m_{ag}$  = Módulo de fineza del A. grueso.

### **El volumen de agregado fino**

Volumen de agregado fino  $V_{af} = \frac{r_{af}}{100} \times V_a$  (volumen total de agregados)

Peso de agregado fino  $P_{af} = V_{af} \times \rho_{af}$  (peso específico del A. fino)

### **El volumen de agregado grueso**

Volumen de agregado grueso  $V_{ag} = V_a - V_{af}$

Peso agregado grueso  $P_{ag} = V_{ag} \times \rho_{ag}$  (peso específico A. grueso)

#### **2.9.1.11. Corrección por Humedad**

Los agregados en cantera se encuentran en condición de húmedos y el diseño de mezclas se hace en condición de secos. La humedad de los agregados puede aumentar o reducir el volumen de agua de diseño.

#### **2.9.1.12. Proporciones**

Se determina las proporciones en peso de los materiales en el cociente al peso del cemento.

# CAPÍTULO III

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación de la investigación

Esta investigación del concreto se desarrolló en los ambientes (laboratorio) de la empresa Geocon Vial Ingenieros Consultores, ubicado en el Jr. Capitán Juan Porcel N° 108 Urb. San Camilo, en la ciudad de Jaén, cuyas coordenadas en el sistema WGS84 son: 743360.64 E, 9368669.09 N.

#### 3.1.1. Ubicación de las canteras de estudio

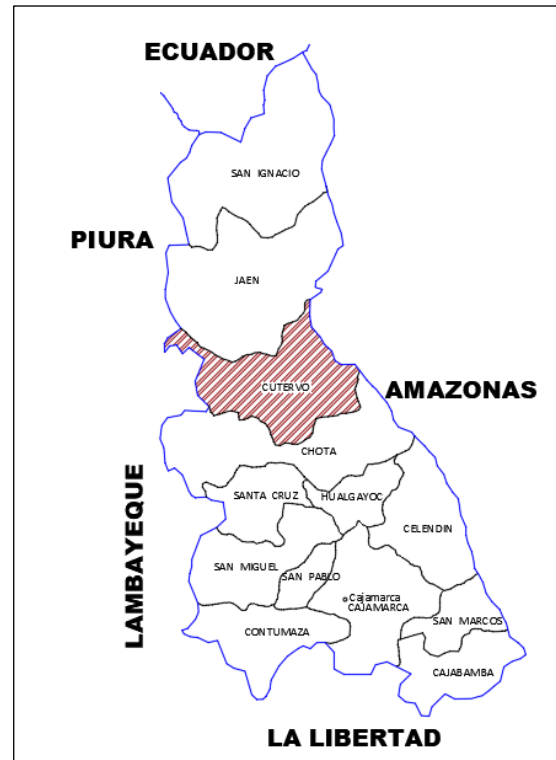
Los agregados para el estudio fueron obtenidos de las canteras; agregado Grueso cantera “Lancheconga” y agregado fino “Cerro Ilucán”, se ubican en:

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA  
PROVINCIA : CUTERVO  
DISTRITO : CUTERVO

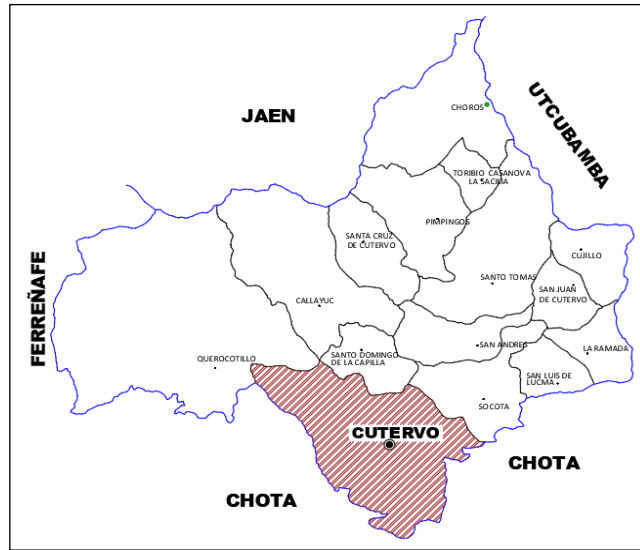
UBICACIÓN REGIONAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



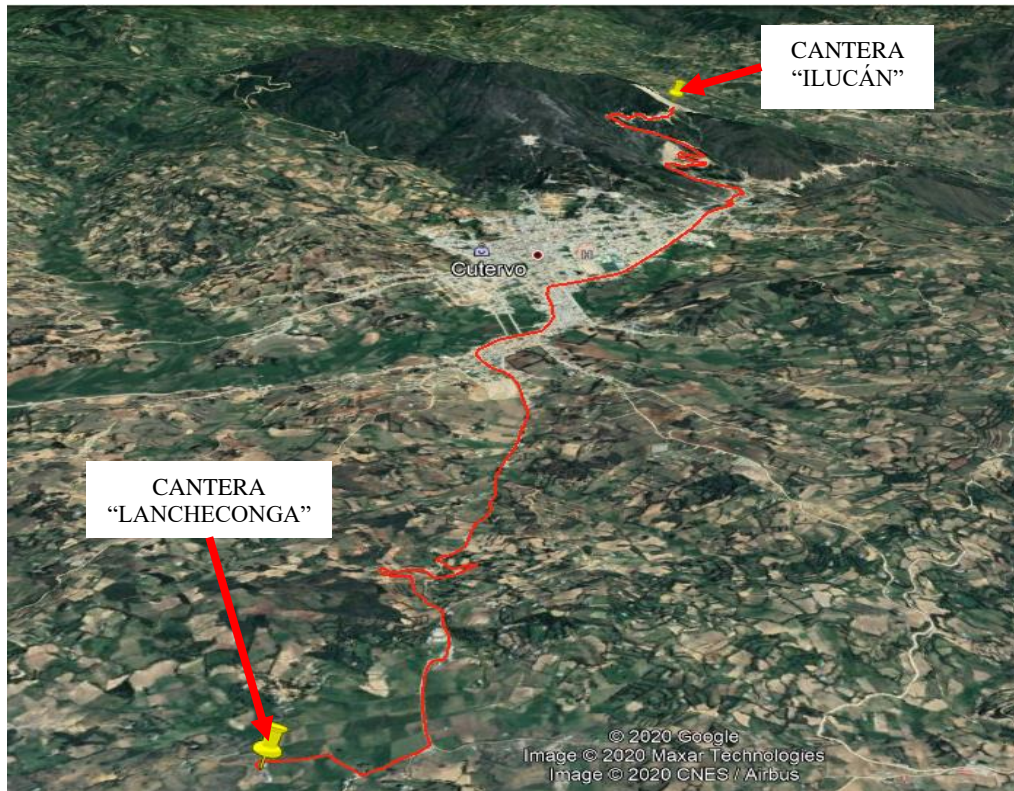
### UBICACIÓN DISTRITAL



La ubicación en coordenadas UTM GSW-84, canteras.

CANTERA ILUCÁN		CANTERA LANCHECONGA	
Norte	9290064.823 m	Norte	9296721.317 m
Este	740974.803 m	Este	742078.822 m
Altitud	2486 msnmm	Altitud	2612 msnm

**Figura 17.** Localización de las Canteras “Lancheconga” e “Cerro Ilucán”



Fuente: (Google Earth)

### 3.2. Diseño de la investigación

#### 3.2.1. Tipo de investigación

La investigación realizada es de tipo aplicada, descriptiva, explicativa

#### 3.2.2. Diseño de investigación

La investigación desarrollada tiene un diseño experimental.

#### 3.2.3. Variables

**Variable independiente:** Agregado fino de cerro y piedra chancada.

**Variables dependientes:** Propiedades del concreto.

#### 3.2.4. Población

Conjunto de probetas o especímenes cilíndricos de concreto.

#### 3.2.5. Muestras

Se ha utilizado un total de 38 especímenes de 6"x12", como muestra para la investigación; donde la utilización se resume en la tabla:

**Tabla 24.** *Muestra de Especímenes por Ensayo y Edad*

Ensayo	Edad de los especímenes (días)		
	7	14	28
Resistencia a compresión	7	7	7
Resistencia a tracción	3	3	4
Elasticidad y relación de poisson	-	-	3
Porosidad	-	-	4
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>18</b>

#### 3.2.6. Unidad de análisis

Espécimen de concreto también llamadas probetas.

### 3.3. Metodología del trabajo de la investigación

#### 3.3.1. Extracción de los materiales de la cantera

El agregado grueso se encuentra de manera dispersa en rocas en la cantera "Lancheconga"; para luego ser triturados por una planta chancadora, tienen una textura angular, obteniendo agregados son tamizados a tamaño requerido.

Estos agregados son producto de la trituración de rocas las cuales son procesadas insitu, en una máquina trituradora de rocas, de la cual se obtiene la piedra chancada con tamaño y especificación deseadas.

El agregado fino se encuentra en forma de depósitos que son extraídos de manera manual o con maquinaria del “Cerro Ilucán” a partir de la trituración y extracción de piedras arenosas, los cuales son zarandeados para su uso. Este material fino es el más cercano y usado en la ciudad debido a que no se cuenta con una cantera de origen aluvial (ríos) cercana.

**Figura 18.** *Extracción de Agregado Grueso de la Cantera “Lancheconga”*



**Figura 19.** *Extracción de Agregado Fino del “Cerro Ilucán”*



### **3.3.2. Materiales empleados en la investigación.**

#### **3.3.2.1. Cemento**

Para este estudio se empleó cemento de la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A el portland Tipo I, recomendado para uso general y desarrolla altas resistencias iniciales. con una densidad 3.12 g/ml, en su presentación de bolsa de 42.5 kg.

#### **3.3.2.2. Agua**

De la red de agua potable a temperatura ambiente (20,5°C).

#### **3.3.2.3. Agregados**

El agregado fino de cerro obtenido de la cantera “Cerro Ilucán” y la piedra chancada obtenida de la cantera “Lancheconga” de TMN 3/4".

#### **3.3.2.4. Aire atrapado**

De acuerdo a la Tabla 12, el aire atrapado es 2.0% por unidad cúbica, para un TMN 3/4".

### **3.3.3. Métodos para Determinar las Características de los agregados**

#### **3.3.3.1. Granulometría de los agregados.**

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

**Balanzas:** sensible de 0.1g y a 0.5g para agregado fino y grueso respectivamente

**Tamices:** tamices normalizados

**Horno:** Apto para proveer una temperatura ininterrumpida de 110° C±5°C

##### **b. Muestra**

Se utilizaron una cantidad de 10 Kg de piedra chancada y 500 g de arena de cerro.

##### **c. Procedimiento**

- Se obtuvo el peso seco en el horno.
- Se realizó el tamizado por un período durante 1 min.
- Se obtuvo las masas retenidas en los tamices.

##### **d. Cálculo**

- Se elaboró una tabla, se escribió la abertura y número de los tamices en orden decreciente.

- Se registró las masas retenidas en cada tamiz
- Se obtiene el porcentaje retenido en los tamices.
- Se calculan los porcentajes retenidos acumulados.
- Finalmente se obtienen los porcentajes que pasa (100 – % Retenido Acumulado en tamices).
- Se cuantifica el módulo de fineza de los agregados a partir del total de los % retenidos acumulados expresado en decimal de las mallas estándar desde 150 μm (N.º 100) hasta la de mayor tamaño; incrementándose el tamaño en la relación 2 a 1, sobre 100.

$$MF = \frac{\%Ret.Acum(. \dots 3", 11/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

- Se obtiene el TMN.

### 3.3.3.2. Contenido de humedad de los agregados

#### a. Equipos

**Balanzas:** sensible al 0.1 % del peso.

**Horno:** Apto para proveer una temperatura ininterrumpida de 110° C±5°C

**Recipiente:** Resistente al calor.

#### b. Procedimiento

- Obtener la masa del material en condición natural, luego poner a secar en el horno por 24 h y registrar su masa seca.

#### c. Cálculo

Se determinó la cantidad de humedad total evaporable:

$$\%W = \frac{A - D}{D} \times 100$$

Donde:

W% = Porcentaje de humedad.

A = Masa de la muestra en condición natural en g.

D = Masa seca de la muestra g.

### 3.3.3.3. Peso Unitario de los agregados.

#### a. Equipos

**Balanzas:** sensible al 0.1% de la carga.



**Varilla de apisonado:** de acero, lisa de  $\varnothing$  16 mm y 600mm de longitud con un extremo redondeado tipo semiesférico.

**Recipiente:** Un recipiente de metal.

**Pala o cucharón**

**b. Procedimiento**

**Peso Unitario Compactado**

- Determinar la masa del material después de compactado en 3 capas con 25 golpes distribuido uniformemente.

**Peso Unitario Suelto.**

- Determinar la masa del material suelto en el recipiente.

**c. Cálculo**

$$PU = M / V$$

Donde:

PU = Peso unitario suelto o compactado, kg/m<sup>3</sup>

M = Masa del agregado, kg

V = Volumen del recipiente, m<sup>3</sup>

**3.3.3.4. Peso específico y absorción del agregado grueso**

**a. Equipos**

**Balanzas:** sensible al 0.5g. Equipada para suspender la muestra en la cesta en el agua.

**Cesta de alambre:** Con abertura similar al tamiz N°6.

**Recipiente:** apropiado para sumergir la cesta.

**Horno:** Apto para proveer una temperatura ininterrumpida de 110° C±5°C

**b. Procedimiento**

- Sumergir el agregado durando 24 horas en el agua, sacar y secar el área superficial para obtener su peso saturado con superficie seca (SSS).
- Colocar la muestra saturada en la cesta y en el agua para definir su peso en el agua. Luego secar en horno y obtener el peso seco

**c. Cálculo**

**Peso específico de masa (P<sub>em</sub>)**

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

Donde:

A = Masa seca de la muestra, g.

B = Masa SSS de la muestra, g.

C = Masa en el agua de la muestra saturada, g.

**Absorción (Ab)**

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

### 3.3.3.5. Peso específico y absorción del agregado fino

#### a. Equipos

**Balanzas:** sensible a 0.1g o menos.

**Picnómetro:** calibrado hasta  $\pm 0,1 \text{ cm}^3$ , con una capacidad para una muestra de 500 g.

**Molde y barra compactadora:** molde metálico de forma de un tronco de cono. La barra de metal de masa de  $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$

**Horno:** Apto para proveer una temperatura ininterrumpida de  $110^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$

#### b. Preparación

- La muestra debe ser secada en el horno por un periodo de 24 h, luego poner en agua hasta alcanzar como mínimo el 6 % de humedad, para luego ser secada evitando la pérdida de partículas hasta obtener la condición saturada con superficie seca.

#### c. Procedimiento

- Llenar el picnómetro con agua para introducir  $500\text{g} \pm 10\text{g}$  de material en condición saturada con superficie seca, para completar con agua hasta el 90% de su volumen.
- Rodar el picnómetro para eliminar el aire en un periodo de 15 a 20 min, por consiguiente, llenar con agua hasta nivel de calibración y pesar.
- Sacar y secar el material en el horno y determinar su masa seca
- Pesar el picnómetro con agua hasta el nivel de calibración.

#### d. Cálculo

**Peso específico**

$$\text{Peso específico} = \frac{A}{B + S - C}$$

**Peso específico saturado con superficie seca:**

$$\text{Peso específico SSS} = \frac{S}{B + S - C}$$

**Peso específico aparente:**

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B + A - C}$$

**Absorción (Ab)**

$$\text{Ab, (\%)} = \frac{S - A}{A} \times 100$$

Dónde:

A = Masa de la muestra seca, g

B = Masa del picnómetro con de agua, g

C = Masa del picnómetro con la muestra y agua, g

S = Masa de la muestra SSS, g

### 3.3.3.6. Abrasión e impacto de los agregados

#### a. Equipos.

**Máquina de los Ángeles:** de acuerdo a NTP 400.019 y ASTM C131.

**Balanza:** sensible al 0,1%.

**Tamiz:** tamiz N°12

**Carga:** Esferas de acero de 46,8mm de diámetro. La cantidad de esferas de acuerdo a la gradación B es 11 de 5000±10g.

#### b. Procedimiento.

- Lavar y secar la muestra en el horno, registrar su masa y colocar en la máquina de ensayo, rotar a una velocidad de 30 - 33 rpm, por 500 revoluciones.
- Sacar el material y tamizar en la malla 1,70mm (N°12), lavar y secar en el horno el material retenido y determinar su masa.

#### c. Cálculo:

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

De: Porcentaje de abrasión

W<sub>0</sub>: Masa seca inicial de la muestra, g

W<sub>f</sub>: Masa seca de material retenido, g

### 3.3.3.7. Material más fino que el tamiz 75µm (N°200)

#### a. Equipos:

**Tamices:** Tamiz de 1,18 mm (N°16) y de 75µm (N°200).

**Recipientes:** con capacidad de la muestra cubierta de agua.

**Balanza:** sensible a 0,1%.

**Horno:** Apto para proveer una temperatura ininterrumpida de 110° C±5°C

#### Muestreo.

Se utilizaron 300 g para agregado fino de cerro y 4.5 kg para agregado grueso.

#### b. Procedimiento.

- Secar el material en el horno y registrar su masa, por consiguiente, lavar en la malla 75µm (N°200). El material retenido secar en el horno y registrar su masa.

#### c. Cálculo:

$$A = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

Dónde:

A = Porcentaje del material más fino que el tamiz 75µm (N° 200)

P<sub>1</sub> = Peso seco de la muestra inicial, g

P<sub>2</sub> = Peso seco de la muestra ensayada, g

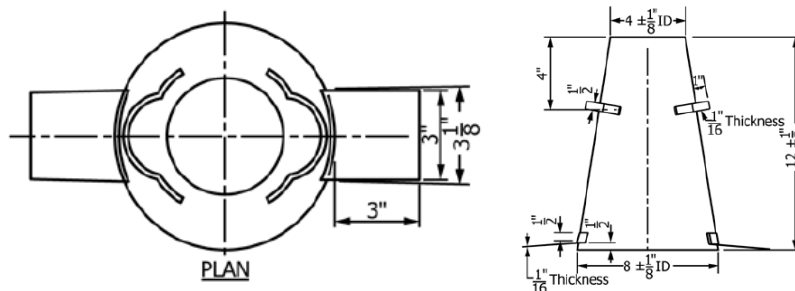
### 3.3.4. Métodos para Determinar las Características del concreto.

#### 3.3.4.1. Medición del asentamiento del concreto

#### a. Equipos:

**Moldes:** Modelo de un tronco de cono, con un diámetro de 200 mm (8 pulg), otro de 100 mm (4 pulg) y altura de 300 mm (12 pulg).

**Figura 20.** Molde para el ensayo de asentamiento



Fuente: ASTM C143/C143M-15a.

**Barra compactadora:** varilla de acero con el extremo de compactado redondeado semiesférica de 16mm (5/8") de diámetro y de 600mm (24") de longitud.

**Dispositivo para medir:** Cinta métrica de metal o instrumento similar, marcada en incrementos de 1/4" (5 mm) o menores.

**Cucharón:** Apropiado y de forma adecuada.

**b. Procedimiento.**

- Posicionar en molde en una superficie plana, colocar el concreto en 3 capas, cada una debe representar un tercio del volumen compactadas por 25 golpes con la barra de manera uniforme, enrasar y levantar a una altura de 300mm en  $5s \pm 2s$ , finalmente medir el asentamiento al centro del material deformado.

**3.3.4.2. Elaboración de especímenes de concreto**

**a. Equipos:**

**Moldes:** se utilizó moldes cilíndricos de 6"x12".

**Varilla de Compactación:** varilla de acero con un extremo redondeado semiesférico de 16mm (5/8") de diámetro y 600mm (24") de longitud.

**Martillo:** de goma con un peso  $0,6kg \pm 0,20 kg$

**b. Muestreo.**

El número de especímenes para la prueba dependen del ensayo establecido, usualmente 3 o más para cada edad. Las edades de 7 y 28 días para compresión

**c. Procedimiento.**

- Se añade el material grueso con parte de agua, por consiguiente, el material fino, cemento y el sobrante de agua, procediendo a mezclar en un tiempo de 3 min con 3 min de reposo y 2 min término de mezclado.

**Elaboración de especímenes**

- Colocar el concreto en los moldes compactados por capas con un cucharón.
- Preparar en capas de acuerdo a la tabla

**Tabla 25. Número de Capas de Consolidación Requerida por Espécimen**

Dimensiones de espécimen mm (pulg)	Forma de consolidación.	Nº de capas.
<b>Cilindros</b>		
75 a 100 (3 o 4)	varillado	2
150 (6)	varillado	3
225 (9)	varillado	4
Menor a 225 (9)	varillado	2

Fuente: (NTP (Norma Técnica Peruana), 2013)

### 3.3.4.3. Resistencia a la compresión de especímenes del concreto

#### a. Equipos:

**Máquina:** Con capacidad para regular la velocidad de carga indicada.

**Probetas:** Las probetas de 6"x12".

#### b. Procedimiento.

- Preparar los especímenes en condiciones húmedas, sin humedad superficial, determinando su diámetro, longitud y masa.
- Proceder a ensayar sometiendo a carga constante a una velocidad de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s y registrar la carga máxima alcanzada.

#### c. Cálculo:

Calcular, con aproximación a 0,1MPa.

$$f'c = \frac{P_{\text{máx}}}{\text{Área}} = \frac{4P_{\text{máx}}}{\pi D^2}$$

$f'c$  = Resistencia en compresión, (kg/cm<sup>2</sup>)

$P_{\text{máx}}$  = Carga máxima, kg

Área = Área de aplicación de la carga, cm<sup>2</sup>

D = Diámetro promedio, cm.

Calcular la densidad del espécimen:

$$\text{Densidad} = W / V$$

Dónde:

W = Masa del espécimen, kg

V = Volumen del espécimen, m<sup>3</sup>

#### 3.3.4.4. Resistencia a la tracción de especímenes de concreto

##### a. Equipos:

**Máquina:** apta para suministrar una velocidad de carga indicada.

**Tiras de cojinetes:** Dos tiras de madera de 3,0 mm de espesor, de 25 mm de ancho y tamaño igual superior que la muestra.

**Probetas:** Las probetas de 6 x 12 pulgadas.

##### b. Procedimiento.

- Trazar líneas diametrales en cada punta en el mismo plano, determinar el diámetro y longitud, posicionar la muestra longitudinal y someter a carga constante con una velocidad  $0,70 \pm 0,05$  MPa/min [ $100 \pm 200$  psi/min], finalmente registrar su carga máxima alcanzada.

##### c. Cálculo:

$$T = \frac{2P}{\pi L d}$$

Dónde:

T = Resistencia en tracción, MPa [psi].

P = Carga máxima alcanzada, N [lbf].

L = Longitud, mm [pulg.].

d = Diámetro, mm [pulg.].

#### 3.3.4.5. Densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido

##### a. Equipos:

**Balanza:** sensible al 0,025% de la muestra

**Envase:** apropiado para sumergir la muestra suspendida en agua.

##### b. Muestra

Porciones individuales de concreto, pueden ser porciones de cilindros, cubos o de cualquier forma o tamaño deseado, no inferior a  $350 \text{ cm}^3$  o 800 g; libre de grietas, fisuras o bordes rotos observables.

##### c. Procedimiento.

- Secar la muestra en el horno en intervalos de 24h hasta alcanzar variaciones mínimas y registra su masa seca,
- Sumergir la muestra en el agua por 48 h y luego en intervalos de 24h hasta alcanzar variaciones mínimas y registrar su masa saturada sumergida.

- La muestra saturada se debe colocar en un envase y hervir por un periodo de 5h, dejar que enfríe y determinar su masa saturada hervida.
- Finalmente, la muestra saturada y hervida se suspende en agua y se obtiene su masa en agua.

**d. Cálculo:**

$$\text{Absorción muestra sumergida, \%} = [(B - A)/A] \times 100$$

$$\text{Absorción muestra sumergida y hervida, \%} = [(C - A)/A] \times 100$$

$$\text{Densidad aparente, muestra seco} = [A/(C - D)]. \rho = g_1$$

$$\text{Densidad aparente muestra sumergido} = [B/(C - D)]. \rho$$

$$\text{Densidad aparente muestra sumergida y hervida} = [C/(C - D)]. \rho$$

$$\text{Densidad aparente muestra} = [A/(A - D)]. \rho = g_2$$

$$\text{Porosidad, \%} = (g_2 - g_1)/g_2 \times 100 = (C - A)/(C - D) \times 100$$

Dónde:

A = Masa seca de la muestra en aire, g

B = Masa de muestra saturada sumergida, g

C = Masa de muestra saturada sumergida y hervida, g

D = Masa aparente muestra sumergida y hervida, g

$g_1$  = Densidad aparente, seco, Mg/m<sup>3</sup>

$g_2$  = Densidad aparente, Mg/m<sup>3</sup>

$\rho$  = Densidad del agua = 1 Mg/m<sup>3</sup> = 1 g/cm<sup>3</sup>

**3.3.4.6. Módulo de elasticidad estático y relación de Poisson del concreto**

**a. Equipos:**

**Máquina:** capaz de suministrar una velocidad de carga indicada.

**Probetas:** Las probetas de 6 x 12 pulgadas.

**Compresómetro:** Dispositivo capaz de medir a las 5 millonésimas más cercanas la deformación

**Extensómetro:** Capaz de medir con una precisión de 0,5 μm [25 μin.] cambio de diámetro a la altura media de la muestra.

**Balanza:** con una precisión de 50 g [0,1 lb].

**Probetas:** Cilindros de prueba de acuerdo con los requisitos para probetas de compresión.



**b. Procedimiento.**

- Determinar la resistencia mediante el ensayo de compresión.
- Someter a carga constante a una velocidad de 1mm/min [0,05pulg/min].
- Cargue la muestra hasta que la carga aplicada sea el 40% de la carga máxima promedio de las muestras complementarias. Esta es la carga máxima para la prueba de módulo de elasticidad.

**c. Cálculo:**

Calcular el  $E_c$ , redondeado a los 200 MPa [50 000 psi]

$$E_c = (S_2 - S_1) / (\epsilon_2 - 0.000050)$$

Dónde:

$E_c$  = Módulo de elasticidad, MPa [psi]

$S_2$  = Esfuerzo al 40% de la carga última

$S_1$  = Esfuerzo a una deformación longitudinal,  $\epsilon_1$ , de 50 millonésimas

$\epsilon_2$  = Deformación longitudinal por la tensión  $S_2$ .

Cálculo de la razón de Poisson (deformación transversal con la axial), al 0.01

$$\mu = (\epsilon_{t2} - \epsilon_{t1}) / (\epsilon_2 - 0.000050)$$

Dónde:

$\mu$  = El coeficiente de Poisson.

$\epsilon_{t2}$  = deformación transversal a media altura de la muestra producida por esfuerzo  $S_2$ .

$\epsilon_{t1}$  = deformación transversal a media altura de la muestra producida por el estrés  $S_1$ .

### **3.4. Técnicas, instrumentos y proceso de la información**

#### **3.4.1. Técnicas de estudio**

La información ha sido obtenida mediante ensayos de acuerdo a bibliografías y normas, utilizando el método cuantitativo para la medición de variables en el estudio de propiedades del concreto; donde se hizo uso de equipos del Laboratorio como: Horno, Máquina de ensayo, moldes de 6"x12", balanzas, Tamices recomendados por las NTP y ASTM correspondientes. También de utilizó el método cualitativo para la

descripción y análisis de algunas variables del concreto, tales como: Fractura, trabajabilidad, apariencia del concreto, fluidez; por medio de la observación directa.

#### **3.4.2. Análisis de información.**

Toda la información obtenida ha sido procesada a través de cálculos estadísticos para luego ser analizados, donde se hizo uso de softwares como Microsoft Excel versión 2019, para la obtención de resultados y gráficas.

#### **3.4.3. Presentación de resultados**

Los resultados alcanzados de los ensayos realizados a los agregados y el concreto se presentan mediante porcentajes, tablas, y figuras. Asimismo, el cuál ha sido elaborado, analizando las variables: Agregado fino de cerro y piedra chancada y propiedades del concreto como: (a) Asentamiento, (b) densidad del concreto fresco, (c) densidad del concreto endurecido, (d) resistencia en compresión, (e) resistencia en tracción, (f) módulo de elasticidad y (g) porosidad.

# CAPÍTULO IV

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Análisis y discusión de resultados de los agregados

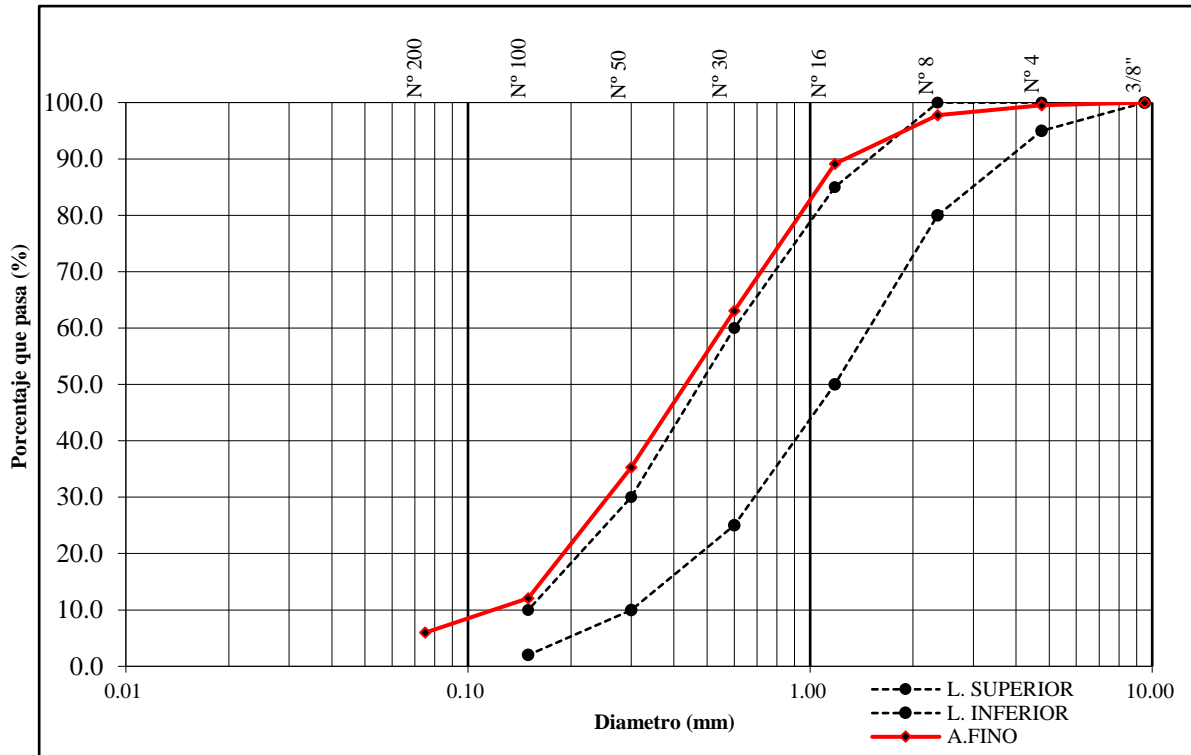
#### 4.1.1. Granulometría de los agregados

Se determinó la división de partículas de igual de tamaños para el agregado fino de cerro y piedra chancada como agregado grueso, luego se calculó el porcentaje que pasa por cada tamiz:

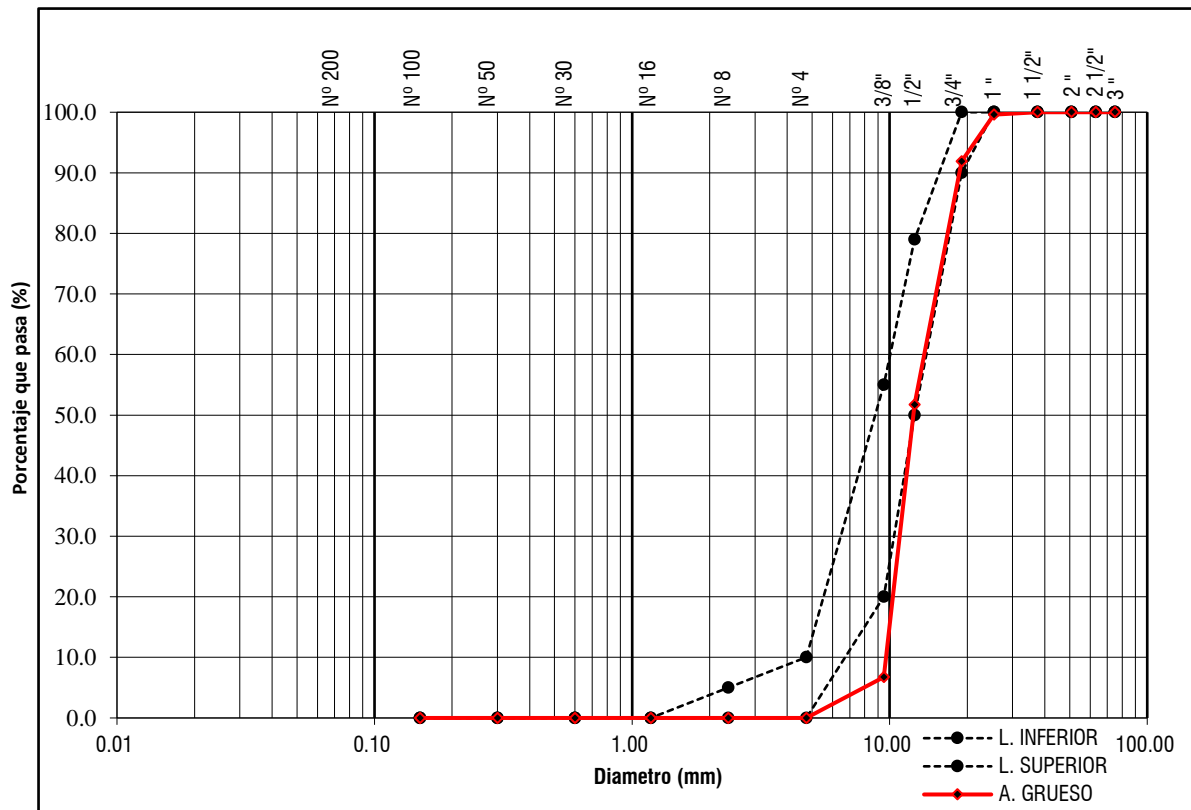
**Tabla 26.** Resultados de la Granulometría de los Agregados

		A. FINO				A. GRUESO			
Malla		Peso Ret. (g)	% Que pasa	ASTM C33 % Que pasa	Peso Ret. (g)	% Que pasa	Huso: Lim. Inf.	67 Lim. Sup.	
FRACCIÓN GRUESA	4"	100.00mm	0.0	100.00	-	0.0	100.00	100.00	100.00
	3 1/2"	90.00 mm	0.0	100.00	-	0.0	100.00	100.00	100.00
	3"	75.00 mm	0.0	100.00	-	0.0	100.00	100.00	100.00
	2 1/2"	63.00 mm	0.0	100.00	-	0.0	100.00	100.00	100.00
	2"	50.00 mm	0.0	100.00	-	0.0	100.00	100.00	100.00
	1 1/2"	37.50 mm	0.0	100.00	-	0.0	100.00	100.00	100.00
	1"	25.00 mm	0.0	100.00	-	42.0	100.00	100.00	100.00
	3/4"	19.00 mm	0.0	100.00	-	661.0	99.58	90.00	100.00
	1/2"	12.50 mm	0.0	100.00	-	3945.0	92.97	50.00	79.00
3/8"	9.50 mm	0.0	100.00	100	4766.0	53.52	20.00	55.00	
FRACCIÓN FINA	Nº 4	4.75 mm	2.30	99.54	95-100	586.0	5.86	0.00	10.00
	Nº 8	2.36 mm	8.87	97.77	80-100	0.0	0.00	0.00	5.00
	Nº 16	1.18 mm	43.26	89.11	50-85	0.0	0.00	0.00	0.00
	Nº 30	600 µm	130.31	63.05	25-60	0.0	0.00	0.00	0.00
	Nº 50	300 µm	138.72	35.31	10-30	0.0	0.00	0.00	0.00
	Nº100	150 µm	116.23	12.06	2-10	0.0	0.00	0.00	0.00
	Nº200	75 µm	30.43	5.98	-	0.0	0.00	-	-
Fondo	-	29.88	0.00	-	0.0	0.00	-	-	
<b>TOTAL</b>		500.0	<b>MF =</b>	2.03	<b>10000.0</b>		<b>MF</b>	7.01	
							<b>TMN</b>	3/4"	

**Gráfico 1. Curva Granulométrica del Agregado Fino**



**Gráfico 2. Curva Granulométrica del Agregado Grueso**



La Tabla 26 y el Gráfico 1 se concluye que el agregado fino de cerro contiene bastante material fino eso es la razón por lo que su gráfica está sobre el uso granulométrico que recomienda la norma NTP 400.037 y ASTM C33, además su módulo de finura es menor al recomendado por la norma un valor de 2.03, para lo cual la norma recomienda entre 2.3 a 3.1, esto nos indica que el agregado es en gran parte fino, otro parámetro que recomienda es que el material no debe tener más del 45% entre dos mallas consecutivas la cual el agregado si cumple. Si bien es cierto el agregado fino de cerro no encaja en el huso granulométrico y su módulo de finura la norma permite el uso de materiales que no cumplen con los parámetros siempre que garanticen y confirmen que el material va a originar un concreto de la resistencia requerida, por lo que se considera aceptables para la obtención de concreto.

En la Tabla 26 y en el Gráfico 2 para la piedra chancada como agregado grueso, se observa que se ajusta al huso granulométrico 67 de acuerdo a la norma NTP 400.037 y ASTM C33, presentando un TMN de 3/4" y una finura de 7.01, este material por su forma de obtención es aceptable para el uso en la obtención de concreto.

#### 4.1.2. Abrasión del agregado grueso

Gradación: B

Nº Esferas: 11

Nº de Revoluciones: 500

**Tabla 27.** Resultado Ensayo Abrasión Agregado Grueso

TAMIZ		GRADACIÓN "B"	MUESTRA
PASA	RETENIDO	(gr)	(gr)
1 1/2"	1"	...	
1"	3/4"	...	
3/4"	1/2"	2500 ± 10	2502
1/2"	3/8"	2500 ± 10	2504
TOTAL (gr)		5000 ± 10	5006
Retenido en el tamiz Nº 12			3494
<b>Porcentaje de desgaste (%)</b>			<b>30.20</b>

En la Tabla 27 se presenta el porcentaje de desgaste a la abrasión del agregado alcanzando un 30.20%. Este resultado cumple con la norma debido a que es menor al 50%, adecuado para elaboración de concreto.

#### 4.1.3. Pesos específicos y absorción

**Tabla 28.** *Resultados de Pesos Específicos y Absorción*

	<b>A. FINO</b>	<b>A. GRUESO</b>
<b>Peso específico</b>	2.56 gr/cm <sup>3</sup>	2.62 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Peso específico saturada con superficie seca (SSS)</b>	2.59 gr/cm <sup>3</sup>	2.65 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Absorción (%)</b>	1.23	0.87

En la Tabla 28 se indican los resultados de los pesos específicos de masa, saturado con superficie seca y la absorción de los agregados. Los resultados alcanzados para están dentro de los parámetros recomendados por las normas para su uso en concreto.

#### 4.1.4. Densidad (Peso Unitario) de los agregados

**Tabla 29.** *Resultados de Peso Unitario Suelto y Compactado*

	<b>A. FINO</b>	<b>A. GRUESO</b>
<b>Peso unitario suelto</b>	1492 kg/m <sup>3</sup>	1414 kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso unitario compactado</b>	1543 kg/m <sup>3</sup>	1578 kg/m <sup>3</sup>

En la Tabla 29 se presenta el peso unitario suelto y compactado de los agregados donde el PU del agregado fino es superior al del agregado grueso debido a la facilidad de acomodo de sus partículas disminuyendo su espacio vacío, en cambio en PU compactado el agregado grueso es mayor al agregado fino por tener una mayor densidad que el agregado fino.

#### 4.1.5. Contenido de humedad de los agregados

**Tabla 30.** *Resultados de Contenido de Humedad*

	<b>A. FINO</b>	<b>A. GRUESO</b>
<b>Humedad (%)</b>	2.89	0.70

En la Tabla 30 se presenta la cantidad de agua que presenta los agregados en condición natural (en cantera) obteniendo 2.89% y 0.70% de humedad para el agregado fino cerro y piedra chancada respectivamente, el agregado fino de cerro por su naturaleza tiene más humedad que la piedra chancada debido a que posee una mayor capacidad de absorción.

#### 4.1.6. Materiales finos que el tamiz 75 $\mu$ m (N°200)

**Tabla 31.** Resultados de Material Fino que Pasa el Tamiz 75 $\mu$ m (N°200)

	A. FINO	A. GRUESO
<b>Material más fino que el tamiz N.º 200 (%)</b>	4.36	0.31

En la Tabla 31 se muestra la cantidad de material fino que pasa el tamiz 75 $\mu$ m (N°. 200), obteniendo 4.36% para el agregado fino de cerro y 0.31% para la piedra chancada. Los resultados obtenidos no superan los límites que recomienda la norma para uso en concreto los cuales son para el agregado fino no deben sobrepasar el 5% y para el agregado grueso debe ser menor al 1%, siendo aceptable el uso de estos agregados sin necesidad de lavarlos.

## 4.2. Presentación de Resultados de la Mezcla de Concreto

**Tabla 32.** Resultados de Diseño de Mezcla de Concreto (Secos)

<b>Cantidades para 1 m3</b>		
Cemento	391.0	kg
Agua de mezcla	219.0	lt
Agregado fino de cerro	590.0	kg
Piedra chancada	1063.0	kg

**Tabla 33.** Resultados de Diseño de Mezcla de Concreto (Húmedos)

<b>Cantidades para 1 m3</b>		
Cemento	392.0	kg
Agua de mezcla	211.0	lt
Agregado fino de cerro	607.0	kg
Piedra chancada	1070.0	kg
<b>Peso unitario C° (Diseño)</b>	<b>2280.0</b>	<b>kg/m3</b>

La Tabla 32 y Tabla 33 se muestran las cantidades de los materiales, cemento, material fino, material grueso y agua para un metro cúbico de concreto, considerando a los agregados en estado seco y húmedos respectivamente, con el fin de alcanzar un concreto que cumpla con las propiedades deseadas.

Como la granulometría ideal de los agregados no existe, es que se eligió por el método de diseño de mezclas de combinación de agregados, permite obtener cantidades necesarias de los agregados, teniendo en cuenta sus módulos de finura, tamaño máximo nominal y la cantidad de bolsas de pasta cementante, parámetros que hacen variar para cada resistencia de diseño requerida y obtener una buena trabajabilidad evitando la segregación.

Estas cantidades son obtenidas para una resistencia mayor a la de diseño ( $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>). Los valores son obtenidos a partir de conocer sus propiedades del agregado fino de cerro y piedra chancada, además de haber tenido un diseño mezcla previo para su respectivo ajuste por slump y rendimiento.

Las cantidades obtenidas son de 392 kg de cemento que representa 9.2 bolsas por cada unidad cúbica de concreto además de 211 litros de agua, 607 kg de agregado fino de cerro y 1070 kg de piedra chancada, considerando los agregados en estado húmedo.

Teniendo proporciones en peso de 1; 1.55; 2.74; 22.9 lt/bol, (cemento, A. fino, A. grueso y agua). Para un peso unitario teórico del concreto es de 2280 kg/m<sup>3</sup>.

### **4.3. Análisis y discusión de resultados de las propiedades del concreto**

#### **4.3.1. Peso unitario del concreto**

Se determinó el peso unitario fresco para todas las probetas elaboradas, los resultados detallan en la tabla:



**Tabla 34. Resultados de Peso Unitario Del Concreto**

Densidad (Peso Unitario) del concreto ASTM C138/C138M – 17a										
N°	Iden.	Resist. De diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de ensayo	Diam. (cm)	Alt. (cm)	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Peso prob. (Est. Fresco (g))	Peso Unit. (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Unit. Prom. (kg/m <sup>3</sup> )	Rend. PU Dis./ PU Real
1	P-01	210		15.06	29.97	5336.22	12074.50	2262.74		1.0072
2	P-02	210		15.06	29.93	5332.77	12011.80	2252.45		1.0118
3	P-03	210		15.06	29.82	5310.22	12017.50	2263.09		1.0070
4	P-04	210		15.07	29.83	5318.83	11999.45	2256.03		1.0102
5	P-05	210		15.06	29.98	5339.90	12135.30	2272.57		1.0028
6	P-06	210		15.04	29.82	5298.24	11909.20	2247.77		1.0139
7	P-07	210		15.04	29.82	5294.01	11982.35	2263.38		1.0069
8	P-08	210		15.03	29.88	5301.61	11962.40	2256.37		1.0100
9	P-09	210		15.06	29.97	5336.93	12085.90	2264.58		1.0064
10	P-10	210	05/12/20	15.04	29.73	5281.32	11861.70	2245.97		1.0147
11	P-11	210		15.04	29.80	5291.05	11969.05	2262.13		1.0075
12	P-12	210		15.06	29.80	5309.37	11973.80	2255.22		1.0105
13	P-13	210		15.05	29.85	5309.80	12034.60	2266.49		1.0055
14	P-14	210		15.08	29.80	5321.00	11953.85	2246.54		1.0144
15	P-15	210		15.01	29.85	5280.21	11961.45	2265.34		1.0060
16	P-16	210		15.05	29.68	5280.51	12100.15	2291.48		0.9946
17	P-17	210		15.05	29.67	5278.94	12009.90	2275.06		1.0017
18	P-18	210		14.98	29.77	5244.79	12042.20	2296.03		0.9926
19	P-19	210		15.05	29.62	5270.05	12046.00	2285.75		0.9970
20	P-20	210		15.06	29.77	5299.91	12027.95	2269.46	<b>2262.19</b>	1.0042
21	P-21	210		15.07	30.05	5361.02	12138.15	2264.15		1.0066
22	P-22	210		15.01	29.83	5280.78	11931.05	2259.34		1.0087
23	P-23	210		15.02	29.97	5310.74	12048.85	2268.77		1.0045
24	P-24	210		15.03	29.97	5313.57	12046.95	2267.21		1.0052
25	P-25	210		15.01	29.87	5287.73	12004.20	2270.20		1.0039
26	P-26	210		15.02	29.83	5283.24	11967.15	2265.12		1.0061
27	P-27	210		15.05	29.95	5324.76	12122.00	2276.53		1.0011
28	P-28	210		15.02	29.88	5297.73	12052.65	2275.06		1.0017
29	P-29	210	07/12/20	15.01	29.83	5276.91	11963.35	2267.11		1.0052
30	P-30	210		15.03	29.85	5295.70	11970.00	2260.32		1.0083
31	P-31	210		15.05	29.83	5306.13	11945.30	2251.23		1.0123
32	P-32	210		15.06	29.83	5312.13	12090.65	2276.05		1.0013
33	P-33	210		15.05	29.88	5316.44	12037.45	2264.19		1.0065
34	P-34	210		15.09	29.85	5341.25	11894.00	2226.82		1.0234
35	P-35	210		15.09	29.89	5347.34	11974.75	2239.38		1.0177
36	P-36	210		15.07	29.87	5330.43	11910.15	2234.37		1.0200
37	P-37	210		14.97	29.88	5259.72	11844.60	2251.95		1.0120
38	P-38	210		15.02	29.85	5289.71	11885.45	2246.90		1.0143
									<b>1.0075</b>	

En la Tabla 34 se muestra el peso unitario de cada espécimen, asimismo como el peso unitario promedio, alcanzando un valor de 2262.19 kg/m<sup>3</sup>, este valor dentro de lo recomendado que es de aproximadamente entre 2200 kg/m<sup>3</sup> a 2400 kg/m<sup>3</sup> para un concreto normal, siendo aceptable el resultado obtenido. Asimismo, se ha obtenido un rendimiento de 1.0075 el cual la norma nos recomienda que debe ser mayor a la unidad, siendo aceptable este resultado.

#### 4.3.2. Resistencia a Compresión del Concreto

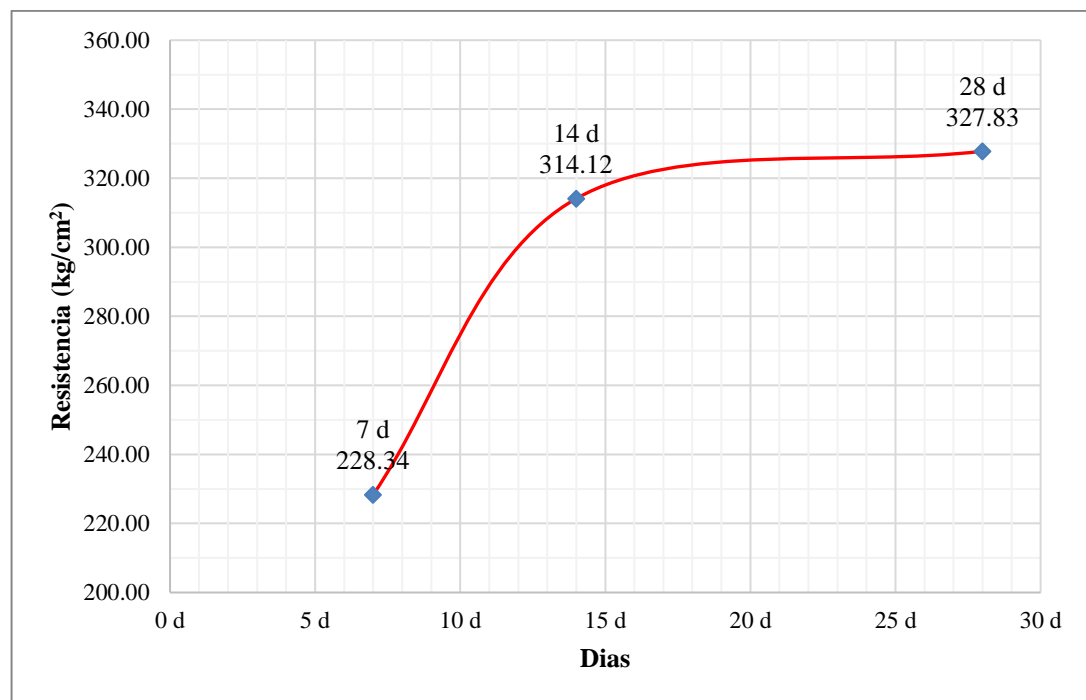
Se obtuvo la resistencia en compresión de 21 especímenes de concreto a edades de 7 días, 14 días y 28 días de curado:

**Tabla 35. Resultados de Resistencia a la Compresión**

Resistencia de Especímenes Cilíndricos a Compresión ASTM C39/C39M-18														
N°	Iden.	Resist. diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de ensayo	Fecha de rotura	Edad (días)	Diam. (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Alt. (cm)	Rel. Alt. / Diam	Carga máxima. (kg)	Resist. Max. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Prom. (kg/cm <sup>2</sup> )	% f'c	Tipo de falla
1	P-32	210			7	15.06	178.06	29.83	1.98	42018.78	235.98			2
2	P-33	210			7	15.05	177.91	29.88	1.99	38053.16	213.89			2
3	P-34	210			7	15.09	178.94	29.85	1.98	35925.05	200.77			2
4	P-35	210	07/12/20	14/12/20	7	15.09	178.90	29.89	1.98	36988.60	206.75	228.34	109%	4
5	P-36	210			7	15.07	178.47	29.87	1.98	43957.23	246.29			5
6	P-37	210			7	14.97	176.01	29.88	2.00	44484.41	252.74			2
7	P-38	210			7	15.02	177.21	29.85	1.99	42873.29	241.94			2
8	P-23	210			14	15.02	177.22	29.97	1.99	56666.77	319.75			5
9	P-24	210			14	15.03	177.32	29.97	1.99	56536.25	318.84			2
10	P-25	210			14	15.01	177.04	29.87	1.99	57929.16	327.20			5
11	P-26	210	07/12/20	21/12/20	14	15.02	177.09	29.83	1.99	55755.16	314.84	314.12	150%	3
12	P-26	210			14	15.05	177.79	29.95	1.99	48478.58	272.68			2
13	P-28	210			14	15.02	177.28	29.88	1.99	57805.77	326.07			5
14	P-1	210			14	15.06	178.07	29.97	1.99	56889.06	319.47			5
15	P-2	210			28	15.06	178.15	29.93	1.99	58275.86	327.11			2
16	P-9	210			28	15.06	178.10	29.97	1.99	54981.20	308.72			2
17	P-10	210			28	15.04	177.62	29.73	1.98	59935.93	337.43			2
18	P-11	210	05/12/20	02/01/21	28	15.04	177.55	29.80	1.98	59275.16	333.85	327.83	156%	2
19	P-12	210			28	15.06	178.17	29.80	1.98	57602.85	323.31			2
20	P-13	210			28	15.05	177.88	29.85	1.98	58303.39	327.76			2
21	P-15	210			28	15.01	176.89	29.85	1.99	59553.54	336.67			2

En la Tabla 35 se concluye que la resistencia en compresión del concreto aumenta a mayor edad, obteniéndose valores de 228.34 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, 314.12 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y 327.83 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, llegando a un 56% superior a la resistencia de diseño requerida  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, demostrando que se cumple con las normas y el método de diseño es el adecuado, debido a que la norma ACI 211 recomienda diseñar para un concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> un 40% mayor. Siendo los resultados aceptables.

**Gráfico 3.** Resistencia vs Edad de Curado del concreto



En el Gráfico 3 se visualiza el incremento de la resistencia o esfuerzo en compresión del concreto a los de 7 días, 14 días y 28 días de curado de los especímenes de concreto el cual va aumentando a más días de curado, logrando una evolución de su resistencia rápida los primeros días

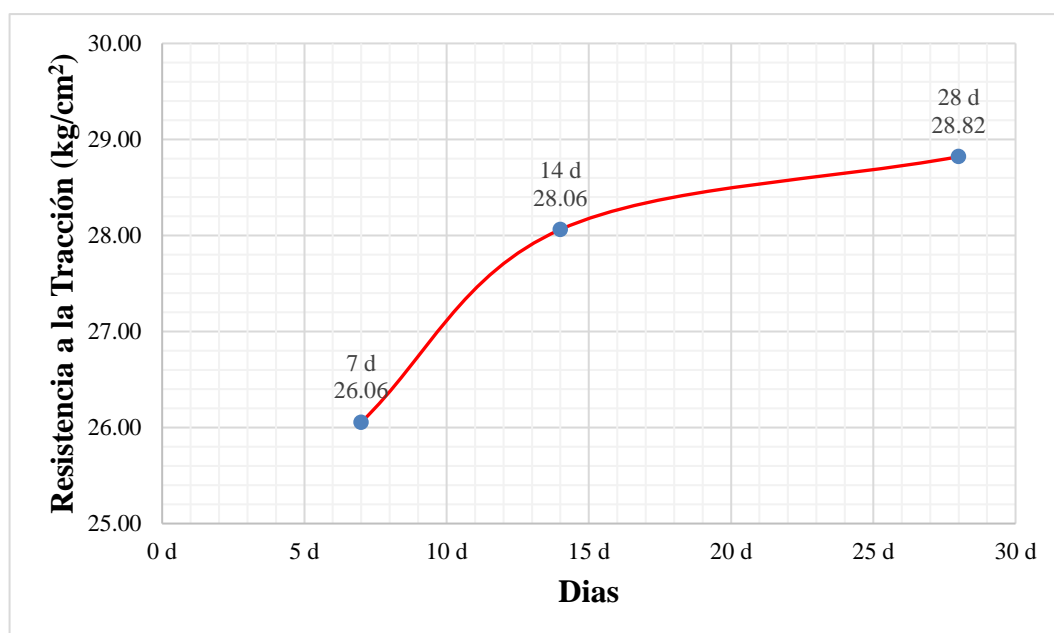
#### 4.3.3. Resistencia a Tracción del Concreto

Se alcanza la resistencia o esfuerzo a tracción de 10 especímenes de concreto a los de 7 días, 14 días y 28 días:

**Tabla 36. Resultados de Resistencia a Tracción**

Resistencia de Especímenes Cilíndricos a Tracción ASTM C496									
N°	Iden.	Fecha de ensayo	Fecha de rotura	Edad (días)	Long. (cm)	Diam. (cm)	Carga máxima. (kg)	Resist. Trac. Max. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Trac. Prom. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P-29			7	29.83	15.01	17735.64	25.22	
2	P-30	07/12/20	14/12/20	7	29.85	15.03	17940.60	25.46	26.06
3	P-31			7	29.83	15.05	19385.52	27.49	
4	P-20			14	29.77	15.06	19417.13	27.58	
5	P-21	07/12/20	21/12/20	14	30.05	15.07	18985.79	26.69	28.06
6	P-22			14	29.83	15.01	21047.63	29.92	
7	P-16			28	29.68	15.05	19022.50	27.11	
8	P-17	05/12/20	02/01/21	28	29.67	15.05	19588.44	27.93	28.82
9	P-18			28	29.77	14.98	20303.25	28.99	
10	P-19			28	29.62	15.05	21887.86	31.26	

En la Tabla 36 se presenta los resultados muestran la resistencia o esfuerzo en tracción del concreto para edades de 7 días, 14 días y 28 días de curado logrando una resistencia a la tracción de 26.06 kg/cm<sup>2</sup>, 28.06 kg/cm<sup>2</sup> y 28.82 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, también se verifica que esta resistencia va incrementando a mayor tiempo de curado, los resultados son aceptables de acuerdo a las normas.

**Gráfico 4. Resistencia a la Tracción vs Edad de Curado del Concreto**

En el Gráfico 4 se observa el incremento la resistencia a tracción del concreto, donde se observa que aumenta a mayores días de curado, notándose una mayor evolución los primeros días de curado.

#### 4.3.4. Densidad, Absorción y Huecos en Concreto Endurecido

**Tabla 37.** Resultados de Densidad, Absorción y Porosidad Concreto Endurecido

PROPIEDAD	PROBETA N°	VALOR	PROMEDIO
Absorción después de Inmersión (%)	P - 4	4.70	5.08
	P - 6	4.97	
	P - 8	5.56	
Absorción después de Inmersión y Ebullición (%)	P - 4	4.90	5.24
	P - 6	5.10	
	P - 8	5.73	
Densidad Aparente Seca (g/cm <sup>3</sup> )	P - 4	2.26	2.23
	P - 6	2.22	
	P - 8	2.21	
Densidad Aparente después de Inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	P - 4	2.37	2.34
	P - 6	2.33	
	P - 8	2.34	
Densidad Aparente después de Inmersión y Ebullición (g/cm <sup>3</sup> )	P - 4	2.37	2.35
	P - 6	2.33	
	P - 8	2.34	
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	P - 4	2.54	2.53
	P - 6	2.51	
	P - 8	2.53	
Volumen De Espacio Poroso Permeable (Poros), %	P - 4	11.08	11.69
	P - 6	11.32	
	P - 8	12.67	

En la Tabla 37 se concluye que el concreto muestra una capacidad de absorción máxima de 5.24%, además tiene una densidad aparente (sin vacíos) de 2.53 g/cm<sup>3</sup>. Asimismo, presenta una porosidad del 11.69%. Este factor es muy importante e incide en la resistencia y durabilidad del concreto, mientras más poroso es el concreto tendrá menor resistencia y será más vulnerable ante agentes externos. Los espacios vacíos (poros) son producto de aire atrapado, también por los espacios que no están colmados por el gel de cemento (poros capilares) y por poros que se presenta en la pasta de cemento durante la hidratación y endurecimiento (poros gel).

#### 4.3.5. Módulo de Elasticidad y Relación de Poisson del Concreto

##### a) Módulo de elasticidad y relación Poisson Probeta (P-03) – ASTM C469

Probeta		P-03	
Datos	Símbolo	Resultado	
Carga última (kg)		58,275.42	
f'c último (kg/cm <sup>2</sup> )		329.63	
f'c A d=0.000050	S <sub>1</sub>	4.00	
40% f'c último (kg/cm <sup>2</sup> )	S <sub>2</sub>	131.85	
d=0.000050	e <sub>1</sub>	0.00005	
d A 40% de f'c último	e <sub>2</sub>	0.000640	
<b><math>E_c = (S_2 - S_1) / (e_2 - 0.00005)</math></b>			
<b>Módulo de elasticidad Probeta P-03</b>			
Cte. Elás. f'c Ult.	11,936		
Módulo Ec kg/cm <sup>2</sup>	<b>216,697.32</b>		
Cte. Elás. f'c Nominal	14,954		
<b><math>u = (et_2 - et_1) / (e_2 - 0.00005)</math></b>			
Datos		Relación de Poisson	
et1	0.000008	<b>u=</b>	<b>0.31</b>
et2	0.000192		

##### b) Módulo de elasticidad y relación de Poisson Probeta (P-07) – ASTM C469

Probeta		P-07	
Datos	Símbolo	Resultado	
Carga última (kg)		58,275.42	
f'c último (kg/cm <sup>2</sup> )		324.57	
f'c A d=0.000050	S <sub>1</sub>	7.00	
40% f'c último (kg/cm <sup>2</sup> )	S <sub>2</sub>	129.83	
d=0.000050	e <sub>1</sub>	0.00005	
d A 40% de f'c último	e <sub>2</sub>	0.000615	
<b><math>E_c = (S_2 - S_1) / (e_2 - 0.00005)</math></b>			
<b>Módulo de elasticidad Probeta P-07</b>			
Cte. Elás. f'c Ult.	12,067		
Módulo Ec kg/cm <sup>2</sup>	<b>217,393.59</b>		
Cte. Elás. f'c Nominal	15,002		

$$u = (et_2 - et_1) / (e_2 - 0.00005)$$

Datos		Relación de Poisson	
et1	0.000009	u=	<b>0.32</b>
et2	0.000192		

**c) Módulo de elasticidad y relación de Poisson Probeta (P-14) – ASTM C469**

Probeta	P-14	
Datos	Símbolo	Resultado
Carga última (kg)		58,275.42
f'c último (kg/cm <sup>2</sup> )		325.28
f'c A d=0.000050	S <sub>1</sub>	13.90
40% f'c último (kg/cm <sup>2</sup> )	S <sub>2</sub>	130.11
d=0.000050	e <sub>1</sub>	0.00005
d A 40% de f'c último	e <sub>2</sub>	0.000640

$$Ec = (S_2 - S_1) / (e_2 - 0.00005)$$

**Módulo de elasticidad Probeta P-14**

Cte. Elás. f'c Ult.	10,921
Módulo Ec kg/cm <sup>2</sup>	<b>196,968.14</b>
Cte. Elás. f'c Nominal	13,592

$$u = (et_2 - et_1) / (e_2 - 0.00005)$$

Datos		Relación de Poisson	
et1	0.000010	u=	<b>0.33</b>
et2	0.000202		

**Tabla 38.** Resultados de Módulo de Elasticidad Estático y Relación de Poisson ASTM C469

Resultados	P-03	P-07	P-14	Promedio
<b>Módulo elasticidad</b>	216,697.32	217,393.59	196,968.14	<b>210,353.02</b>
<b>Relación de Poisson</b>	0.31	0.32	0.33	<b>0.32</b>
<b>Cte. Elás. f'c Nominal</b>	14,954	15,002	13,592	<b>14,516</b>

El concreto obtiene como resultado un **MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO** de **E= 210,353.02 kg/cm<sup>2</sup>** y una relación de **POISSON u = 0.32**, valores obtenidos de 3 ensayos a los 28 días y que son gran influencia en estructuras como desplazamientos y rigidez.

**d) Módulo de elasticidad según ACI 318-19**

Para valores de Wc entre 90 y 160 lb/ft<sup>3</sup> (1440 a 2560 kg/m<sup>3</sup>).

Wc = peso unitario, del concreto de peso normal, kg/m<sup>3</sup>

$$E_c = W_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c}$$

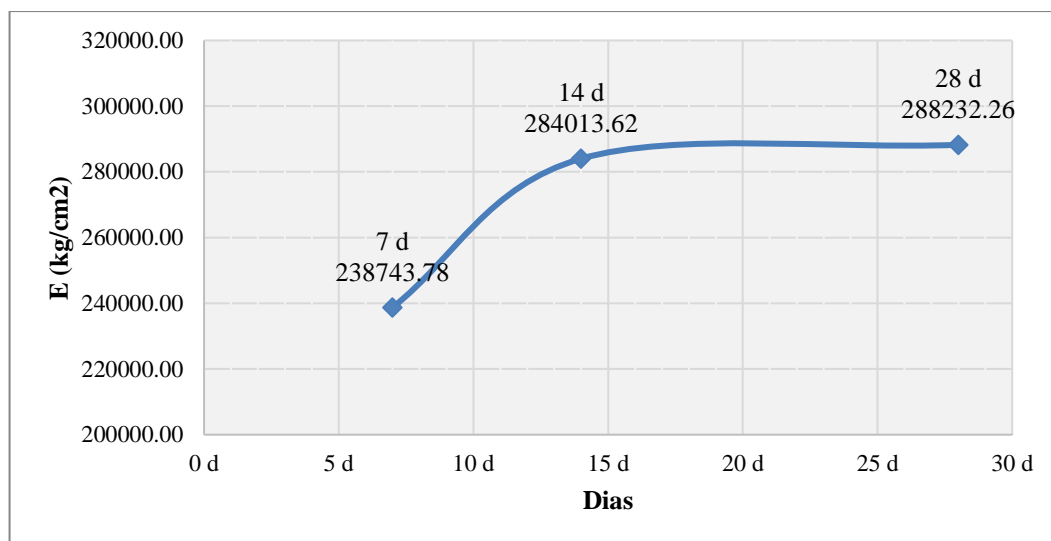
**Tabla 39. Resultados de Módulo de Elasticidad según ACI 318-19**

Módulo de Elasticidad de Especímenes de Concreto según ACI 318-19													
N°	Iden.	Fecha de ensayo	Fecha de rotura	Edad (días)	Diam. (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máx. (kg)	Resist. Máx. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Máx. (MPa)	Peso Unit. (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de Elast. Mpa	Módulo de Elast. (kg/cm <sup>2</sup> )	E Prom. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P-32			7	15.06	178.06	42018.78	235.98	23.14	2395.84	24257.93	247363.0	
2	P-33			7	15.05	177.91	38053.16	213.89	20.98	2383.36	22914.63	233665.0	
3	P-34			7	15.09	178.94	35925.05	200.77	19.69	2344.02	21653.10	220801.0	
4	P-35	07/12/20	14/12/20	7	15.09	178.90	36988.60	206.75	20.28	2357.24	22159.62	225966.1	238743.8
5	P-36			7	15.07	178.47	43957.23	246.29	24.15	2351.97	24104.81	245801.6	
6	P-37			7	14.97	176.01	44484.41	252.74	24.79	2370.47	24706.87	251940.9	
7	P-38			7	15.02	177.21	42873.29	241.94	23.73	2365.16	24091.80	245668.9	
8	P-23			14	15.02	177.22	56666.77	319.75	31.36	2388.18	28101.88	286560.5	
9	P-24			14	15.03	177.32	56536.25	318.84	31.27	2386.53	28032.95	285857.6	
10	P-25			14	15.01	177.04	57929.16	327.20	32.09	2389.68	28454.15	290152.7	
11	P-26	07/12/20	21/12/20	14	15.02	177.09	55755.16	314.84	30.88	2384.33	27817.73	283662.9	284013.6
12	P-26			14	15.05	177.79	48478.58	272.68	26.74	2396.35	26084.20	265985.8	
13	P-28			14	15.02	177.28	57805.77	326.07	31.98	2394.80	28496.25	290582.0	
14	P-1			14	15.06	178.07	56889.06	319.47	31.33	2381.83	27977.67	285293.9	
15	P-2			28	15.06	178.15	58275.86	327.11	32.08	2371.00	28117.18	286716.5	
16	P-9			28	15.06	178.10	54981.20	308.72	30.27	2383.77	27536.31	280793.3	
17	P-10			28	15.04	177.62	59935.93	337.43	33.09	2364.18	28434.38	289951.1	
18	P-11	05/12/21	02/01/21	28	15.04	177.55	59275.16	333.85	32.74	2381.19	28588.64	291524.0	288232.3
19	P-12			28	15.06	178.17	57602.85	323.31	31.71	2373.92	28005.08	285573.4	
20	P-13			28	15.05	177.88	58303.39	327.76	32.14	2385.78	28408.89	289691.1	
21	P-15			28	15.01	176.89	59553.54	336.67	33.02	2384.57	28770.30	293376.5	

Se ha obtenido el Módulo de Elasticidad del concreto  $E_c = 288,232.26 \text{ kg/cm}^2$  según ACI 318-19, a los 28 días de curado.



**Gráfico 5.** Variación del Módulo de Elasticidad según ACI 318-19



En el Gráfico 5 se presenta la variación del Módulo de Elasticidad del Concreto se presenta en la gráfica donde se puede apreciar que de los 14 a los 28 días hay poca variación en relación de los 7 a los 14 días.

En la Tabla 38 y Tabla 39 se indican los resultados de módulo de elasticidad de conforme a la norma ASTM C469 y ACI 318-19 respectivamente donde el primero es experimental y el segundo está en relación al peso unitario del concreto. La norma generalmente recomienda utilizar un valor de  $15000\sqrt{f'c(kg/cm^2)}$ , obteniendo un valor  $217,370.65 kg/cm^2$ , mediante la norma ACI 318-19 se ha obtenido un valor de  $288,232.26 kg/cm^2$ , de acuerdo a la norma ASTM C469 un valor de  $210,353.02 kg/cm^2$ . Se puede verificar que el valor según ASTM C469 es el más aceptable debido a la manera de obtención y está cercano a lo que recomienda la norma ACI 318-19.

#### 4.4. Contraste de la hipótesis

Se determinó que las propiedades del concreto obtenido con agregado fino de cerro y piedra chancada de las canteras “cerro Ilucán” y “Lancheonga” cumplen con las normas ASTM y las NTP, logrando una resistencia en compresión de  $f'c=327.84 kg/cm^2$ , una resistencia en tracción de  $28.82 kg/cm^2$ , con un módulo de elasticidad de  $210,353.02 kg/cm^2$  y una relación de Poisson  $u = 0.32$ , además de una porosidad de 11.69%, de su volumen.

# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Las propiedades del concreto obtenido con agregado fino de cerro “Cantera Ilucán” y piedra chancada “Cantera Lancheonga” en la ciudad de Cutervo cumplen con las normas ASTM (American Society of Testing Materials) y las NTP (Norma Técnica Peruana).
- El concreto presenta una resistencia en compresión de 56% mayor a la resistencia requerida, utilizando agregado fino de cerro “Cantera Ilucán” y piedra chancada “Cantera Lancheonga” en la ciudad de Cutervo.
- Se ha determinado una cantidad de 9.2 bolsas de material cementante de 42.5kg por cada metro cúbico de concreto logrando buena trabajabilidad, consistencia.
- La elasticidad del concreto cumple con la norma, obteniendo un factor de  $E = 14,516\sqrt{f'c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ .
- El concreto en tracción cumple con las normas llegando a un valor de 28.82kg/cm<sup>2</sup>.
- El concreto presenta una porosidad de 11.69% de su volumen, para una relación a/c = 0.56

### 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar otras investigaciones de las propiedades del concreto con agregado fino de cerro y piedra chancada utilizando otros métodos de diseño de mezcla.
- Realizar estudios de durabilidad del concreto con agregado fino de cerro y analizar para diferentes relaciones agua-cemento.
- Realizar estudios del concreto con agregados finos de cerro de otras canteras.
- Realizar investigaciones sobre el costo – beneficio en el uso de agregados finos.
- Realizar estudios de concretos obtenidos con agregados de cerro sujetos a abrasión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú.
- Abril Gil, M. L., & Ramos Sánchez, A. M. (2017). Identificación de la variación en la resistencia del concreto debido al origen del agregado grueso. *Tesis Ing.* Bogotá D.C., Colombia.
- ACI (American Concrete Institute). (1991). Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete. *Norma ACI 211.1-91*. Estados Unidos.
- ACI (American Concrete Institute). (2014). Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-14) y comentario (ACI 318SR-14). *Norma ACI 318S-14*. Estados Unidos.
- ACI (American Concrete Institute). (2019). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. *Norma ACI 318R-19*. Estados Unidos.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). (2013). Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete. *Norma ASTM C642 - 13*. Estados Unidos.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). (2014). Standard test method for static modulus of elasticity and poisson's ratio of concrete in compression. *Norma ASTM C469/C469M*. Estados Unidos.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). (2017). Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method. *Norma ASTM C231/C231M - 17a*. Estados Unidos.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). (2017). Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens. *Norma ASTM C496/C496M - 17*. Estados Unidos.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). (2018). Standard specification for concrete aggregates. *Norma ASTM C33/C33M - 18*. Estados Unidos.
- Carrión Rojas, G. A. (2019). Resistencia a la compresión del concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando canteras de río y cerro a un tiempo de curado mayor a 28 días. *Tesis Ing.* Cajamarca, Perú.
- Civilgeeks. (2011). *Civilgeeks: La resistencia a la tracción del concreto*. Recuperado el 27 jul. 2021, de Disponible en <https://civilgeeks.com/2011/12/10/la-resistencia-a-la-traccin-del-concreto/>.

- Concretoen360. (2018). *360enconcreto: ¿Qué es el módulo de elasticidad en el concreto?* Recuperado el 27 Jul. 2021, de Disponible en <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/concreto/elasticidad-del-concreto>.
- Galves, F., Cendon, D., & Sanchez., V. (2003). *Modelización numérica de la fractura en ensayos brasileños de materiales cerámicos a alta velocidad de deformación. Anales de mecánica de fractura*.
- Gonzales Cuevas, Ó. M., & Robles Fernández-Villegas, F. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. México: 4a. ed.
- Guitierrez Abanto, J. C. (2012). *Manual de laboratorio de tecnología del concreto y de los materiales*.
- Labbe Labbe, D. A. (2013). Anteproyecto de norma ensayos de hormigon a fatiga por hendimiento. *Tesis Ing. Chile*.
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2010). *Tecnología del Concreto*.
- Niño Hernández, J. R. (2010). *Tecnología del concreto* (Vol. 1). Colombia.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2002). Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan el tamiz normalizado 75 um (N°200) por lavado en agregados. *Norma NTP 400.018*. Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2002). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina Los Angeles. *Norma NTP 400.019*. Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2009). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. *Norma NTP 339.035*. Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2011). Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. *Norma NTP 400.017*. Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2013). Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. *Norma NTP 400.012:2013*. Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2013). Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. *Norma NTP 339.185:2013*. Perú.

- NTP (Norma Técnica Peruana). (2013). Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. *Norma NTP 400.022:2013*. Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2013). Método de ensayo normalizado para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio. *Norma NTP 339.183*. Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2013). Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. *Norma NTP 400.021:2013*.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2014). Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. *Norma NTP 400.037*. Perú.
- Pascal Carbajal, E. (1998). *Tópicos de Tecnología de Concreto en el Perú*. Lima, Perú.
- Quiroz Machuca, R. A., & Tirado Mori, A. A. (2019). Comparación de la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  de tres tipos de cemento con cantera de río y cerro, Cajamarca – 2018. *Tesis Ing.*
- Rivera López, G. A. (2017). *Concreto simple*. Cauca, Colombia.
- Rivva López, E. (2002). *Concretos de alta resistencia*. Lima, Perú.
- Rivva López, E. (2013). *Diseño de Mezclas*. Lima, Perú.
- Rivva López, E. (2013). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima, Perú.
- RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones). (2009). E060 Concreto Armado. *Norma RNE E.060*. Perú.
- Sánchez de Guzmán, D. (2016). *Tecnología del concreto y del mortero*. Colombia: Shandra Editores.
- Silva Castañeda, C. H., & Valbuena Rubiano, H. A. (2019). Evaluación de mezclas de concreto con agregados de Cajicá, Madrid y el guamo para obtención de una resistencia superior a 4000 psi. *Tesis Ing.* Bogotá D.C., Colombia.
- Torres Rios, K. J. (2015). Evaluación de la influencia en la resistencia del concreto  $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  usando agregado de río o agregado de cerro en Cajamarca. *Tesis Ing.* Cajamarca, Perú.
- Ventura Ayala, C. E. (2015). Propiedades físicas y mecánicas de la roca volcánica del cerro acuchimay para el diseño de concreto liviano en la ciudad de Ayacucho, Perú. *Tesis Ing.*

## ANEXOS

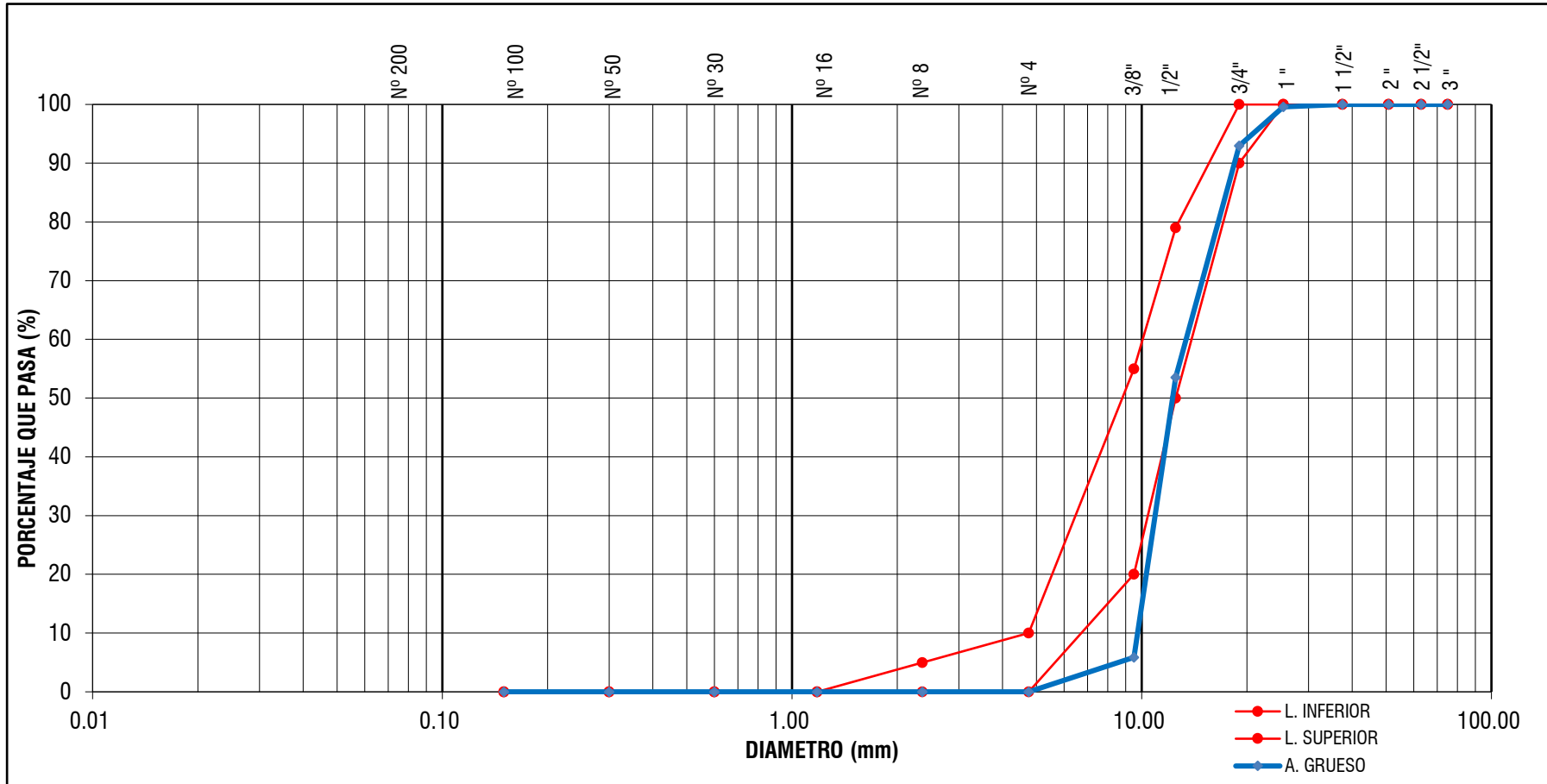
### ANEXO I: ENSAYOS DE AGREGADOS

**Ensayo: Granulometría del Agregado Grueso NTP 400.012, ASTM C136**

**Tabla 40. Ensayo: Granulometría del Agregado Grueso**

Malla		Peso Ret. (g)	% RET. PARC.	% Ret. Acum.	% Que pasa	HUSO: 67	
						Lim. Inf.	Lim. Sup.
2 1/2"	63.00 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.00 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
<b>1 1/2"</b>	37.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.00 mm	42.0	0.42	0.42	99.58	100.00	100.00
<b>3/4"</b>	19.00 mm	661.0	6.61	7.03	92.97	90.00	100.00
1/2"	12.50 mm	3945.0	39.45	46.48	53.52	50.00	80.00
<b>3/8"</b>	9.50 mm	4766.0	47.66	94.14	5.86	20.00	55.00
<b>Nº 4</b>	4.75 mm	586.0	5.86	100.00	0.00	0.00	10.00
<b>Nº 8</b>	2.36 mm	0.0	0.00	100.00	0.00	0.00	5.00
<b>Nº 16</b>	1.18 mm	0.0	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
<b>Nº 30</b>	600 µm	0.0	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
<b>Nº 50</b>	300 µm	0.0	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
<b>Nº100</b>	150 µm	0.0	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
<b>Nº200</b>	75 µm	0.0	0.00	100.00	0.00		
Fondo	-	0.0	0.00	100.00	0.00	-	-
<b>TOTAL</b>		TOT=10000.0				<b>MF</b>	7.01
						<b>TMN</b>	3/4"

**Gráfico 6.** *Ensayo: Curva Granulométrica del Agregado Grueso*

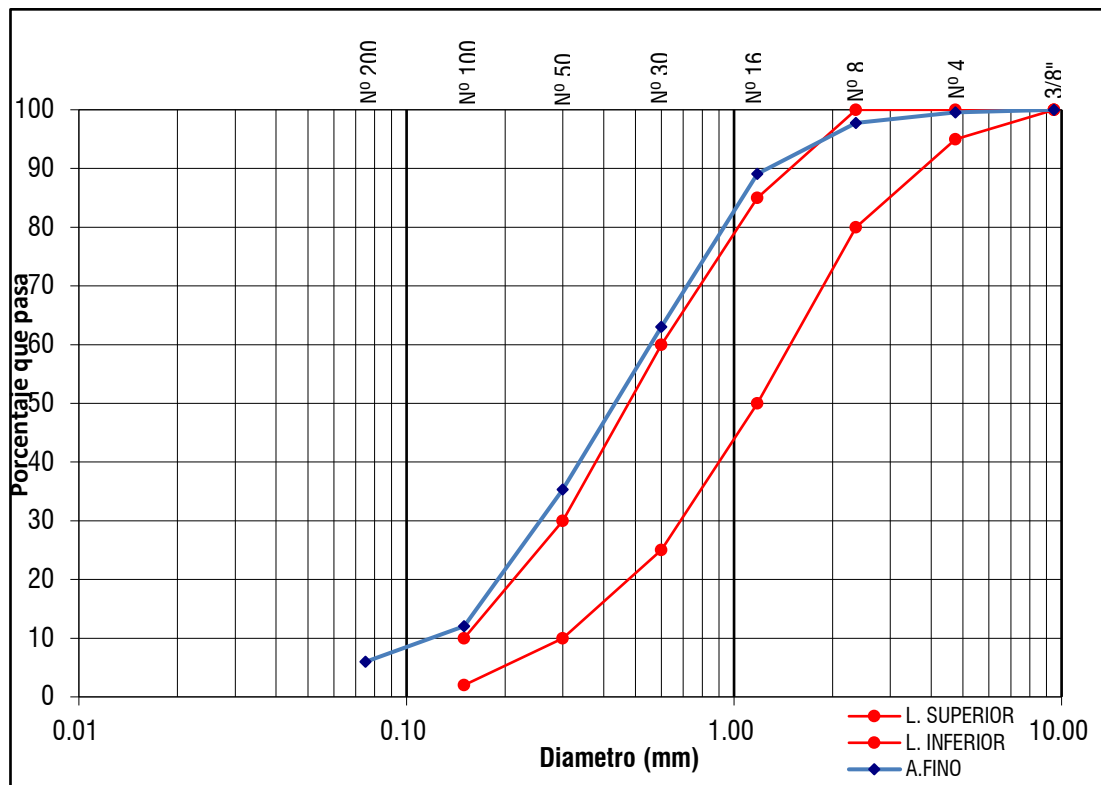


**Ensayo: Granulometría del Agregado Fino NTP 400.012, ASTM C136**

**Tabla 41.** Ensayo: Granulometría del Agregado Fino

Malla		Peso Ret. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUM.	% Que pasa	ASTM C33 % Que pasa
3/8"	9.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100
Nº 4	4.75 mm	2.30	0.46	0.46	99.54	95-100
Nº 8	2.36 mm	8.87	1.77	2.23	97.77	80-100
Nº 16	1.18 mm	43.26	8.65	10.89	89.11	50-85
Nº 30	600 µm	130.31	26.06	36.95	63.05	25-60
Nº 50	300 µm	138.72	27.74	64.69	35.31	10-30
Nº100	150 µm	116.23	23.25	87.94	12.06	2-10
Nº200	75 µm	30.43	6.09	94.02	5.98	-
Fondo	-	29.88	5.98	100.00	0.00	-
<b>TOTAL</b>		500.0			<b>MF =</b>	2.03

**Gráfico 7.** Ensayo: Curva Granulométrica del Agregado Fino





**Ensayo: Abrasión NTP 400.019, ASTM C131**

**Tabla 42. Ensayo: Abrasión**

TAMIZ		GRADACIÓN "B"	MUESTRA
PASA	RETENIDO	(gr)	(gr)
1 1/2"	1"	...	
1"	3/4"	...	
3/4"	1/2"	2500 ± 10	2502
1/2"	3/8"	2500 ± 10	2504
TOTAL (gr)		5000 ± 10	5006
RETENIDO EN EL TAMIZ N° 12			3494
ABRASIÓN (%)			<b>30.20</b>

**Ensayo: Peso específico, y absorción del agregado grueso NTP 400.021, ASTM C127**

**Tabla 43. Ensayo: Peso específico y absorción y Absorción del Agregado Grueso**

DRESCRIPCIÓN	ENSAYO N.º			PROM.
	1	2	3	
A = Masa en el aire de la muestra secada al horno (gr)	4000,00	4000,00	4000,00	
B = Masa en el aire de la muestra SSS (gr)	4034,03	4035,04	4035,01	
C = Masa sumergida de la muestra saturada (gr) C	2510,01	2510,05	2510,03	
<b>Pe = A/(B-C) Peso específico de masa (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2,62	2,62	2,62	<b>2,62</b>
<b>PeSSS = B/(B-C) Peso específico saturado (SSS) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2,65	2,65	2,65	<b>2,65</b>
<b>Ab = (B-A) /A Absorción (%)</b>	0,85	0,88	0,88	<b>0,87</b>

**Ensayo: Peso específico, y absorción del del agregado fino NTP 400.022, ASTM C128**

**Tabla 44. Ensayo: Peso específico y absorción y Absorción del Agregado Fino**

DRESCRIPCIÓN	ENSAYO N.º			PROM.
	1	2	3	
A = Masa en el aire de la muestra secada al horno (gr)	493,82	494,01	493,98	
B = Masa del picnómetro lleno de agua (gr)	660,66	660,66	660,66	
C = Masa total del picnómetro aforado con muestra y lleno agua hasta nivel de calibración (gr)	967,92	967,95	967,94	
S = Peso de la muestra saturada con superficie seca SSS (gr)	500,00	500,00	500,00	
<b>Pe = A/(B-C) Peso específico de masa (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2,56	2,56	2,56	<b>2,56</b>
<b>PeSSS = B/(B-C) Peso específico saturado (SSS) (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2,59	2,59	2,59	<b>2,59</b>
<b>Ab = (B-A) /A Absorción (%)</b>	1,25	1,21	1,22	<b>1,23</b>

**Ensayo: Peso Unitario Suelto del Agregado Fino NTP 400.017, ASTM C29**

**Tabla 45. Ensayo: Peso Unitario Suelto del A. Fino**

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N.º		
	1	2	3
A = Masa del recipiente (g.)	4186,00	4186,00	4186,00
B = Masa del recipiente con material (g.)	8391,00	8398,00	8381,00
C = (B-A) Masa del material (g.)	4205,00	4212,00	4195,00
Factor de corrección (f)	0,355	0,355	0,355
D = C*f Densidad (Peso unitario) suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	1493	1495	1489
<b>Densidad (Peso Unitario) Suelto Promedio.</b>	<b>1492 kg/m<sup>3</sup></b>		

**Ensayo: Peso Unitario Compactado del Agregado Fino NTP 400.017, ASTM C29**

**Tabla 46. Ensayo: Peso Unitario Compactado del A. Fino**

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N.º		
	1	2	3
A = Masa del recipiente (g.)	4186,00	4186,00	4186,00
B = Masa del recipiente con material (g.)	8787,00	8789,00	8804,00
C = (B-A) Masa del material (g.)	4601,00	4603,00	4618,00
Factor de corrección (f)	0,335	0,335	0,335
D = C*f Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	1541	1542	1547
<b>Densidad (Peso Unitario) Compactado Promedio. =</b>	<b>1543 kg/m<sup>3</sup></b>		

FACTOR PARA EL RECIPIENTE	
Diámetro (cm)	15.42
Altura (cm)	15.08
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2816.18
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.002816
Factor para el recipiente, (f)	355

**Ensayo: Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso NTP 400.017, ASTM C29**

**Tabla 47.** *Ensayo: Peso Unitario Suelto del A. Grueso*

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N°		
	1	2	3
A = Masa del recipiente (g.)	7788,00	7788,00	7788,00
B = Masa del recipiente con material (g.)	20815,00	20810,00	20859,00
C = (B-A) Masa del material (g.)	13027,00	13022,00	13071,00
Factor de corrección (f)	0,108	0,108	0,108
D = C*f Densidad (Peso unitario) suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1412	1412	1417
<b>Densidad (Peso Unitario) Suelto Promedio.</b>	<b>1414 kg/m<sup>3</sup></b>		

**Ensayo: Peso Unitario Compactado del A. Grueso NTP 400.017, ASTM C29**

**Tabla 48.** *Ensayo: Peso Unitario Compactado del A. Grueso*

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N°		
	1	2	3
A = Masa del recipiente (g.)	7788,00	7788,00	7788,00
B = Masa del recipiente con material (g.)	22359,00	22331,00	22343,00
C = (B-A) Masa del material (g.)	14571,00	14543,00	14555,00
Factor de corrección (f)	0,108	0,108	0,108
D = C*f Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1579	1576	1578
<b>Densidad (Peso Unitario) Compactado Promedio. =</b>	<b>1578 kg/m<sup>3</sup></b>		

FACTOR PARA EL RECIPIENTE	
Diámetro (cm)	20.7
Altura (cm)	27.4
Volumen (cm <sup>3</sup> )	9221.07
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.009221
Factor para el recipiente, (f)	0.108

**Ensayo: Materiales más finos que pasan por el tamiz 75µm (N°200) por lavado NTP 400.018, ASTM C117**

**Tabla 49. Ensayo: Materiales más Finos que Pasan por el Tamiz 75µm (N°200) por Lavado**

<b>CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE EL TAMIZ N° 200 (AGREGADO FINO)</b>	
A = Masa seca de la muestra (gr)	300
B = Masa seca de la muestra, después de lavada (gr)	286,91
<b>C= (A-B) /A Material Fino Que Pasa El Tamiz N° 200 (%)</b>	<b>4,36</b>

<b>CANTIDAD MATERIAL FINO QUE EL TAMIZ N° 200 (AGREGADO GRUESO)</b>	
A = Masa seca de la muestra (gr)	4500,00
B = Masa seca de la muestra, después de lavada (gr)	4486,00
<b>C= (A-B) /A Material Fino Que Pasa El Tamiz N° 200 (%)</b>	<b>0,31</b>

**Ensayo: Contenido de humedad de agregados por secado NTP 339.185, ASTM C566**

**Tabla 50. Ensayo: Contenido de Humedad**

	<b>A. GRUESO</b>	<b>A. FINO</b>
A = Masa de la muestra húmeda (gr)	11000	380.15
B = Masa de la muestra seca (gr)	10923	369.49
<b>C = (A-B) /A Contenido De Humedad (%)</b>	<b>0.70</b>	<b>2.89</b>

## ANEXO II: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

### DISEÑO DE MEZCLAS – CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – MÉTODO

#### COMBINACIÓN DE AGREGADOS.

#### 1. Características del cemento utilizado

- Tipo de cemento: Cemento Portland Tipo I
- Peso específico:  $3.12 \text{ g/cm}^3$

#### 2. Características del concreto requerido.

- Resistencia requerida a los 28 días  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Consistencia Plástica: 3" - 4" Trabajable

#### 3. Datos de las propiedades de los agregados

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	A. FINO	A. GRUESO
Peso específico de masa ( $\text{g/cm}^3$ )	2,56	2,62
Peso unitario suelto ( $\text{kg/m}^3$ )	1492	1414
Peso unitario compactado ( $\text{kg/m}^3$ )	1543	1578
Contenido de humedad (%)	2,89	0,70
Absorción (%)	1,23	0,87
Módulo de finura	2,03	7,01
Tamaño máximo nominal (pulg)		3/4 "

#### 4. Resistencia a la compresión promedio ( $f'cr$ )

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO			
$f'c \text{ Mpa (kg/cm}^2)$	$f'cr \text{ (kg/cm}^2)$	$f'c \text{ (kg/cm}^2)$	$f'cr \text{ (kg/cm}^2)$
$f'c < 21 \text{ (210)}$	$f'c + 70$		
$21 \text{ (210)} \leq f'c \leq 35 \text{ (350)}$	$f'c + 84$	210	<b>294</b>
$f'c > 35 \text{ (350)}$	$f'c + 98$		
$f'c \text{ (kg/cm}^2)$	210		
$f'cr \text{ (kg/cm}^2)$	<b>294</b>		

#### 5. Contenido de agua de diseño (tabla)

Concreto sin aire incorporado	Agua de mezclado (Lts)	205
-------------------------------	------------------------	-----

#### 6. Contenido de aire atrapado (tabla)

TMN = 3/4"	Contenido de aire atrapado	2.0%
------------	----------------------------	------

#### 7. Relación agua/cemento por resistencia (tabla)

$f'cr$	A/C
250	→ 0.62
<b>294</b>	→ <b>X</b>
300	→ 0.55



$$A/C = 0.56$$

**8. Factor cemento**

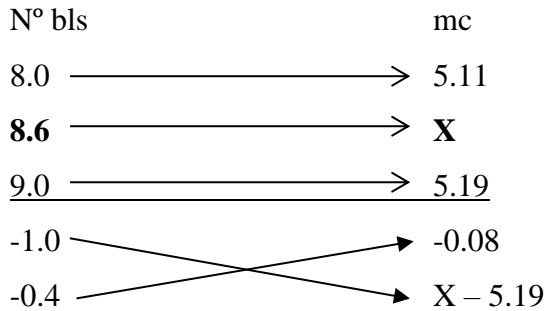
$$\frac{A}{c} = \frac{205}{c} = 0.56 \qquad C = 366 \text{ kg/m}^3$$

$$N.^{\circ} \text{ bolsas de } 42.5 \text{ kg/m}^3 = 8.6$$

**9. Volumen absoluto de la pasta**

Volumen Absoluto del cemento (m3)	0.117
Volumen Absoluto del agua (m3)	0.205
Volumen Absoluto del aire (m3)	0.020
<b>Volumen absoluto de la pasta (m3)</b>	<b>0.342</b>
<b>Volumen Absoluto de los agregados (m3)</b>	<b>0.658</b>

**10. Módulo de finura de la combinación de agregados (tabla)**



$$mc = 5.16$$

**11. Porcentaje de agregado fino del volumen absoluto de los agregados**

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf} = \frac{7.01 - 5.16}{7.01 - 2.03} = 0.3719 = 37.19\%$$

**12. Volúmenes absolutos de los agregados**

Volumen absoluto del agregado fino (m3)	0.658x0.3719	0.245
Volumen absoluto del agregado grueso (m3)	0.658x0.6281	0.413

**13. Pesos secos de los agregados**

A. fino	0.245x2.56x 1000 =	626	kg/m3
A. grueso	0.413x2.62x 1000 =	1083	kg/m3

**14. Pesos de diseño (secos)**

Cemento	366	kg/m3
Agua de diseño	205	lts/m3
Agregado fino	626	kg/m3
Agregado grueso	1083	kg/m3

**15. Pesos húmedos de los agregados**

A. fino	626x1.0289 =	644	kg/m <sup>3</sup>
A. grueso	1083x1.007 =	1091	kg/m <sup>3</sup>

**16. Humedad superficial de los agregados**

Agregado fino	2.89 - 1.23 =	1.66	%
Agregado grueso	0.7-0.87 =	-0.17	%

**17. Aporte de agua de los agregados**

Agregado Fino	626x (0.0166) =	10.4	lt/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1081x (-0.0017) =	-1.8	lt/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados		<b>8.6</b>	lt/m <sup>3</sup>

**18. Agua efectiva**

Agua efectiva	205-8.6 =	196.4	lts/m <sup>3</sup>
---------------	-----------	-------	--------------------

**19. Peso de materiales corregidos por humedad**

Cemento	366	kg/m <sup>3</sup>
Agua de diseño	196	lts/m <sup>3</sup>
Agregado Fino húmedo	644	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso húmedo	1091	kg/m <sup>3</sup>
<b>PESO UNITARIO C°</b>	<b>2297</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

**20. Proporción en peso de concreto**

Proporción materiales sin corregir

$$\frac{366}{366} : \frac{626}{366} : \frac{1083}{366} = 1 : 1.71 : 2.96 : 23.8 \text{ lts/m}^3$$

Proporción materiales corregidos por humedad

$$\frac{366}{366} : \frac{644}{366} : \frac{1091}{366} = 1 : 1.76 : 2.98 : 22.8 \text{ lts/m}^3$$

**21. Pesos húmedos para mezcla de prueba para 3 probetas**

Cemento	366 x 0.02 =	7.32 kg
Agua de diseño	196 x 0.02 =	3.92 lt
Agregado fino	644 x 0.02 =	12.88 kg
Agregado grueso	1091 x 0.02 =	21.82 kg

**AJUSTE DE MEZCLA DE PRUEBA – CONCRETO  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  – MÉTODO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS**

**1. Se obtiene los siguientes datos:**

- **Slump medido:** 3.8 cm (1.50")          requerido: 7.5 - 10.00 cm
- **PUC°:** 2376.86 kg/m<sup>3</sup>
- **Aspecto de la Mezcla:** Trabajabilidad satisfactoria
- **Agua adicional:** 0

**2. Volumen de colada utilizada:**

Cemento	366 kg x 0.02	7.32 kg
Agua de diseño	196 lt x 0.02 + 0 lt	3.92 lt
Agregado Fino húmedo	644 kg x 0.02	12.88 kg
Agregado Grueso húmedo	1091 kg x 0.02	21.82 kg
<b>Peso de la colada</b>		<b>45.94 kg</b>

**3. Rendimiento de la mezcla prueba**

$$R = \frac{\text{Pesodelacolada}}{\text{PesoUnitariodelConcreto}} = \frac{45.94\text{kg}}{2376.86\text{kg/m}^3} = 0.01933\text{m}^3$$

**4. Corrección por Rendimiento**

		<b>colada</b>
Cemento	7.32 x 0.02 / 0.01933	7.95 kg
Agua de diseño	3.92 x 0.02 / 0.01933	4.26 lt
Agregado Fino húmedo	12.88 x 0.02 / 0.01933	13.99 kg
Agregado Grueso húmedo	21.82 x 0.02 / 0.01933	23.71 kg
<b>PUC</b>		<b>49.91 kg</b>

$$R = \frac{49.91\text{kg}}{2376.86\text{kg/m}^3} = 0.02\text{m}^3$$

**5. Agua de mezclado de será:**

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	A. FINO	A. GRUESO
Contenido de humedad (%)	2.89	0.70
Absorción (%)	1.23	0.87

**Agua de mezclado:**

Hum. Super. Agregado Fino	2.89-1.23=	1.66 %
Hum. Super. Agregado Grueso	0.7-0.87=	-0.17 %
Agua añadida:	4.26 lt	4.26 lt
Aporte Agregado Grueso:	626 x 0.0166 x 0.02	0.21 lt
Aporte Agregado Fino:	1083 x -0.0017 x 0.02	-0.04 lt
		4.43 lt



**6. Agua de mezcla**

$$\frac{4.43lt}{0.02m^3} = 210.62lt$$

**7. Corrupción por Slump**

$$\text{Agua} = (7.62(3'') - 3.8) \times 2 = 7.64 \text{ lt}$$

**8. Agua de mezcla por m3**

$$\text{Agua de mezcla} = 210.62 \text{ lt} + 7.64 \text{ lt} = 218.60 \text{ lt}$$

**9. Cantidad de aire atrapado**

Contenido de aire atrapado	2.0%
----------------------------	------

**10. Relación a/c por resistencia (tabla)**

$$a/c = 0.56$$

**11. Factor cemento**

$$\frac{A}{c} = \frac{218.60}{c} = 0.56 \qquad C = 391kg/m^3$$

$$N.^{\circ} \text{ bolsas de } 42.5 \text{ kg/m}^3 = 9.2$$

**22. Volumen absoluto de la pasta**

Volumen Absoluto del cemento (m3)	0.125
Volumen Absoluto del agua (m3)	0.219
Volumen Absoluto del aire (m3)	0.020
<b>Volumen absoluto de la pasta (m3)</b>	<b>0.364</b>
<b>Volumen Absoluto de los agregados (m3)</b>	<b>0.636</b>

**23. Módulo de fineza de la combinación de agregados (tabla)**

N° bls	mc
9.0	→ 5.19
<b>9.2</b>	→ <b>X</b>
10.0	→ 5.27
-1.0	→ -0.08
-0.8	→ X - 5.27

$$mc = 5.21$$

**24. Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto de los agregados**

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf} = \frac{7.01 - 5.21}{7.01 - 2.03} = 0.3622 = 36.22\%$$

**25. Volúmenes absolutos de los agregados**

Volumen absoluto del agregado fino (m3)	0.636x0.3622	0.230
Volumen absoluto del agregado grueso (m3)	0.636x0.6378	0.406

**26. Pesos secos de los agregados**

A. fino	0.23x2.56x 1000 =	590	kg/m <sup>3</sup>
A. grueso	0.406x2.62x 1000 =	1063	kg/m <sup>3</sup>

**27. Pesos de diseño (secos)**

Cemento	391	kg/m <sup>3</sup>
Agua de diseño	219	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino	590	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	1063	kg/m <sup>3</sup>

**28. Pesos húmedos de los agregados**

A. fino	590x1.0289 =	607	kg/m <sup>3</sup>
A. grueso	1063x1.007 =	1070	kg/m <sup>3</sup>

**29. Humedad superficial de los agregados**

Agregado Fino	2.89 - 1.23 =	1.66	%
Agregado Grueso	0.7-0.87 =	-0.17	%

**30. Aporte de agua de los agregados**

Agregado Fino	590x (0.0166) =	9.8	lt/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1063x (-0.0017) =	-1.8	lt/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados		<b>8.0</b>	lt/m <sup>3</sup>

**31. Agua efectiva**

Agua efectiva	218.6-8.0 =	210.6	lts/m <sup>3</sup>
---------------	-------------	-------	--------------------

**32. Peso de materiales húmedos**

Cemento	391.00	kg/m <sup>3</sup>
Agua de diseño	211.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado Fino húmedo	607.00	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso húmedo	1070.00	kg/m <sup>3</sup>
<b>PESO UNITARIO C°</b>	<b>2280.00</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

**33. Proporción en peso**

Proporción materiales sin corregir

$$\frac{391}{391} : \frac{590}{391} : \frac{1063}{391} = 1; 1.51; 2.72; 23.8\text{ lts/m}^3$$

Proporción materiales corregidos por humedad

$$\frac{391}{391} : \frac{607}{391} : \frac{1070}{391} = 1; 1.55; 2.74; 22.9\text{ lts/m}^3$$

Proporción en Volumen (Proporción de obra)

$$\frac{1}{1} : \frac{607 \times 35.31}{1492 \times 9.2} : \frac{1070 \times 35.31}{1414 \times 9.2} = 1; 1.56; 2.90; 22.9\text{ lts/m}^3$$

### ANEXO III: ENSAYOS DE CONCRETO.

#### Ensayo: Peso Unitario, Rendimiento del concreto ASTM C138/C138M-17<sup>a</sup>

#### Ensayo Concreto de Prueba

**Tabla 51.** *Ensayo: Peso Unitario, Rendimiento Concreto de Prueba*

Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete ASTM C138/C138M – 17a										
N°	Iden.	Resist. De diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de ensayo	Diam. (cm)	Alt. (cm)	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Peso prob. (Est. Fresco (g))	Peso Unit. (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Unit. Prom. (kg/m <sup>3</sup> )	Rend. PU Dis./ PU Real
1	M-1	210	18/11/20	15.07	29.77	5305.89	12724.00	2398.09	2376.86	0.96640
2	M-2	210		15.11	29.82	5346.60	12745.00	2383.76		
3	M-3	210		15.16	29.83	5385.05	12648.00	2348.72		

#### Ensayo: Resistencia a la compresión ASTM C39/C39M-18

#### Ensayo Concreto de Prueba

**Tabla 52.** *Ensayo: Resistencia a la Compresión Concreto de Prueba*

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C39/C39M-18														
N°	Iden.	Resist. diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de ensayo	Fecha de rotura	Edad (días)	Diam. (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Alt. (cm)	Rel. Alt. / Diam	Carga máxima. (kg)	Resist. Max. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Prom. (kg/cm <sup>2</sup> )	% f'c	Tipo de falla
1	M-1	210	18/11/20	25/11/20	7	15.07	178.25	29.77	1.98	31891.12	178.91	176.91	84%	5
2	M-2	210			7	15.11	179.32	29.82	1.97	31363.93	174.91			5
3	M-3	210			7	15.16	180.50	29.83	1.97	38455.95	213.05			6

#### Ensayo: Peso Unitario, Rendimiento del concreto ASTM C138/C138M-17<sup>a</sup>

#### Ensayo Concreto Final

**Tabla 53. Ensayo: Peso Unitario, Rendimiento**

Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete ASTM C138/C138M – 17a										
N°	Iden.	Resist. De diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de ensayo	Diam. (cm)	Alt. (cm)	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Peso prob. (Est. Fresco (g))	Peso Unit. (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Unit. Prom. (kg/m <sup>3</sup> )	Rend. PU Dis./ PU Real
1	P-01	210	05/12/20	15.06	29.97	5336.22	12074.50	2262.74	<b>2262.19</b>	1.0072
2	P-02	210		15.06	29.93	5332.77	12011.80	2252.45		1.0118
3	P-03	210		15.06	29.82	5310.22	12017.50	2263.09		1.0070
4	P-04	210		15.07	29.83	5318.83	11999.45	2256.03		1.0102
5	P-05	210		15.06	29.98	5339.90	12135.30	2272.57		1.0028
6	P-06	210		15.04	29.82	5298.24	11909.20	2247.77		1.0139
7	P-07	210		15.04	29.82	5294.01	11982.35	2263.38		1.0069
8	P-08	210		15.03	29.88	5301.61	11962.40	2256.37		1.0100
9	P-09	210		15.06	29.97	5336.93	12085.90	2264.58		1.0064
10	P-10	210		15.04	29.73	5281.32	11861.70	2245.97		1.0147
11	P-11	210		15.04	29.80	5291.05	11969.05	2262.13		1.0075
12	P-12	210		15.06	29.80	5309.37	11973.80	2255.22		1.0105
13	P-13	210		15.05	29.85	5309.80	12034.60	2266.49		1.0055
14	P-14	210		15.08	29.80	5321.00	11953.85	2246.54		1.0144
15	P-15	210		15.01	29.85	5280.21	11961.45	2265.34		1.0060
16	P-16	210		15.05	29.68	5280.51	12100.15	2291.48		0.9946
17	P-17	210		15.05	29.67	5278.94	12009.90	2275.06		1.0017
18	P-18	210		14.98	29.77	5244.79	12042.20	2296.03		0.9926
19	P-19	210		15.05	29.62	5270.05	12046.00	2285.75		0.9970
20	P-20	210	07/12/20	15.06	29.77	5299.91	12027.95	2269.46	1.0042	
21	P-21	210		15.07	30.05	5361.02	12138.15	2264.15	1.0066	
22	P-22	210		15.01	29.83	5280.78	11931.05	2259.34	1.0087	
23	P-23	210		15.02	29.97	5310.74	12048.85	2268.77	1.0045	
24	P-24	210		15.03	29.97	5313.57	12046.95	2267.21	1.0052	
25	P-25	210		15.01	29.87	5287.73	12004.20	2270.20	1.0039	
26	P-26	210		15.02	29.83	5283.24	11967.15	2265.12	1.0061	
27	P-27	210		15.05	29.95	5324.76	12122.00	2276.53	1.0011	
28	P-28	210		15.02	29.88	5297.73	12052.65	2275.06	1.0017	
29	P-29	210		15.01	29.83	5276.91	11963.35	2267.11	1.0052	
30	P-30	210		15.03	29.85	5295.70	11970.00	2260.32	1.0083	
31	P-31	210		15.05	29.83	5306.13	11945.30	2251.23	1.0123	
32	P-32	210		15.06	29.83	5312.13	12090.65	2276.05	1.0013	
33	P-33	210		15.05	29.88	5316.44	12037.45	2264.19	1.0065	
34	P-34	210		15.09	29.85	5341.25	11894.00	2226.82	1.0234	
35	P-35	210		15.09	29.89	5347.34	11974.75	2239.38	1.0177	
36	P-36	210		15.07	29.87	5330.43	11910.15	2234.37	1.0200	
37	P-37	210		14.97	29.88	5259.72	11844.60	2251.95	1.0120	
38	P-38	210		15.02	29.85	5289.71	11885.45	2246.90	1.0143	
										<b>1.0075</b>

**Ensayo: Resistencia a la compresión ASTM C39/C39M-18**

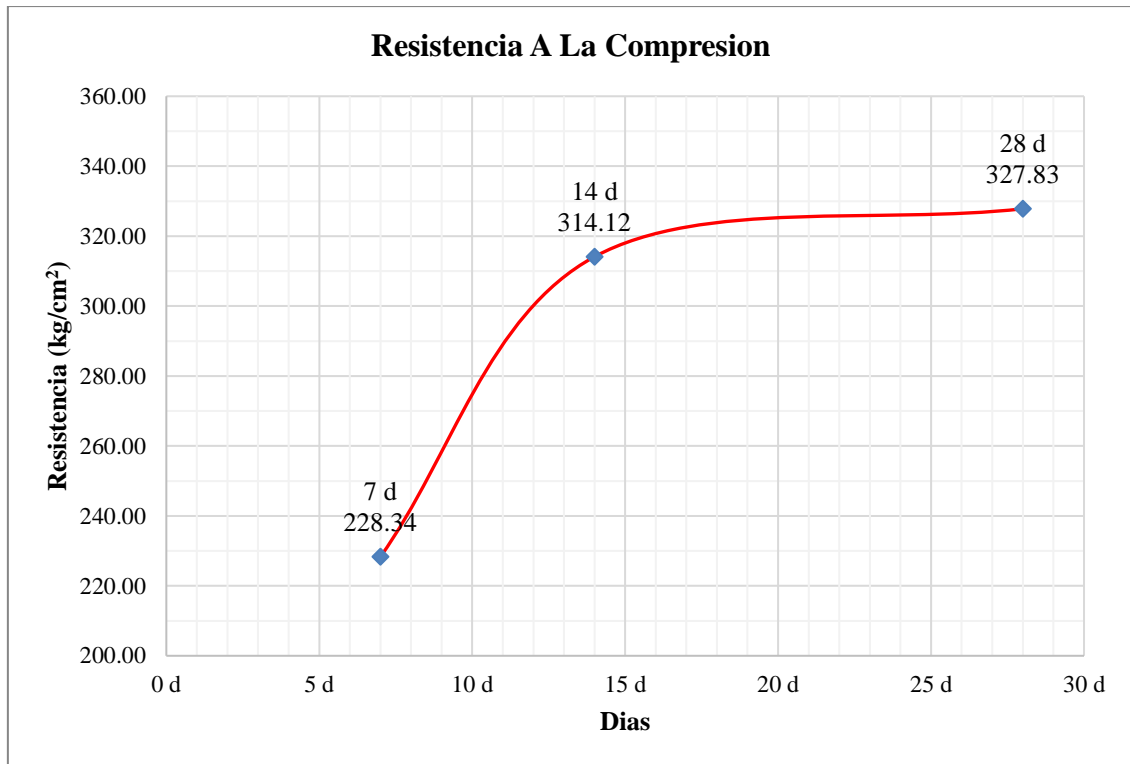
**Ensayo Concreto Final**

**Tabla 54. Ensayo: Resistencia a la Compresión del Concreto**

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C39/C39M-18														
N°	Iden.	Resist. diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de ensayo	Fecha de rotura	Edad (días)	Diam. (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Alt. (cm)	Rel. Alt. / Diam	Carga máxima. (kg)	Resist. Max. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Prom. (kg/cm <sup>2</sup> )	% f'c	Tipo de falla
1	P-32	210	07/12/20	14/12/20	7	15.06	178.06	29.83	1.98	42018.78	235.98	228.34	109%	2
2	P-33	210			7	15.05	177.91	29.88	1.99	38053.16	213.89			2
3	P-34	210			7	15.09	178.94	29.85	1.98	35925.05	200.77			2
4	P-35	210			7	15.09	178.90	29.89	1.98	36988.60	206.75			4
5	P-36	210			7	15.07	178.47	29.87	1.98	43957.23	246.29			5
6	P-37	210			7	14.97	176.01	29.88	2.00	44484.41	252.74			2
7	P-38	210			7	15.02	177.21	29.85	1.99	42873.29	241.94			2
8	P-23	210	07/12/20	21/12/20	14	15.02	177.22	29.97	1.99	56666.77	319.75	314.12	150%	5
9	P-24	210			14	15.03	177.32	29.97	1.99	56536.25	318.84			2
10	P-25	210			14	15.01	177.04	29.87	1.99	57929.16	327.20			5
11	P-26	210			14	15.02	177.09	29.83	1.99	55755.16	314.84			3
12	P-26	210			14	15.05	177.79	29.95	1.99	48478.58	272.68			2
13	P-28	210			14	15.02	177.28	29.88	1.99	57805.77	326.07			5
14	P-1	210			14	15.06	178.07	29.97	1.99	56889.06	319.47			5
15	P-2	210	05/12/20	02/01/21	28	15.06	178.15	29.93	1.99	58275.86	327.11	327.83	156%	2
16	P-9	210			28	15.06	178.10	29.97	1.99	54981.20	308.72			2
17	P-10	210			28	15.04	177.62	29.73	1.98	59935.93	337.43			2
18	P-11	210			28	15.04	177.55	29.80	1.98	59275.16	333.85			2
19	P-12	210			28	15.06	178.17	29.80	1.98	57602.85	323.31			2
20	P-13	210			28	15.05	177.88	29.85	1.98	58303.39	327.76			2
21	P-15	210			28	15.01	176.89	29.85	1.99	59553.54	336.67			2

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 8. Ensayo Resistencia a la Compresión**

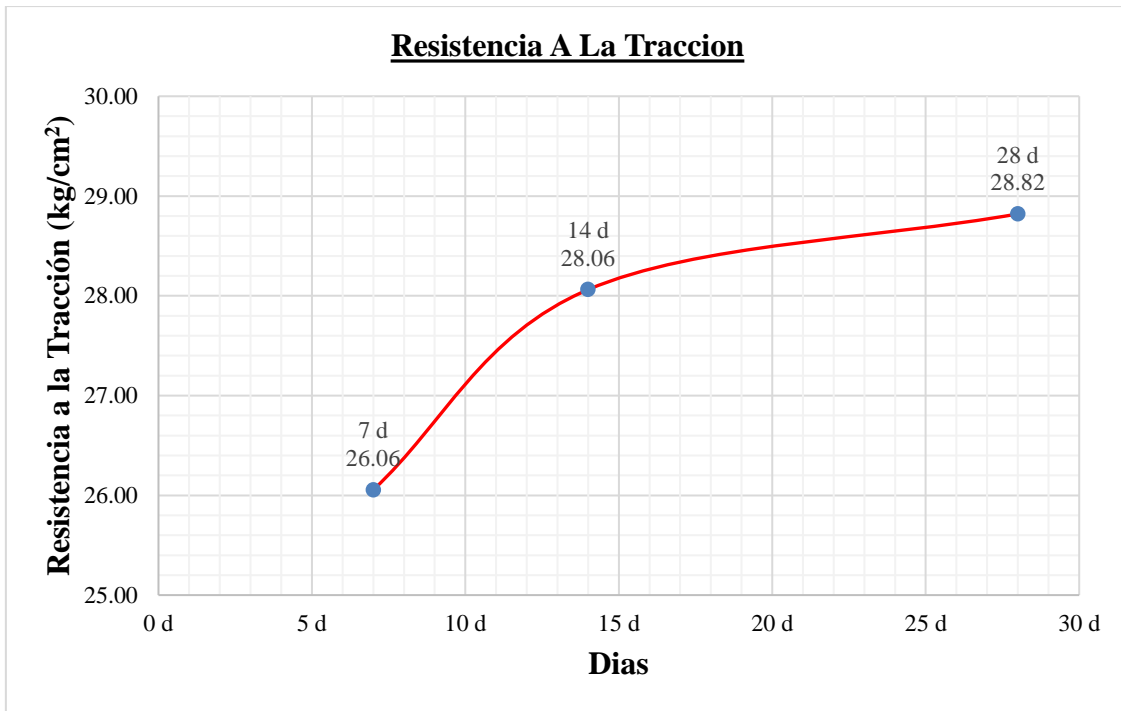


**Ensayo: Tracción por compresión diametral ASTM C496/C496M-17**

**Tabla 55. Ensayo: Tracción por Compresión Diametral**

Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C496/C496M – 17									
Nº	Iden.	Fecha de ensayo	Fecha de rotura	Edad (días)	Long. (cm)	Diam. (cm)	Carga máxima. (kg)	Resist. Trac. Max. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Trac. Prom. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P-29	07/12/20	14/12/20	7	29.83	15.01	17735.64	25.22	26.06
2	P-30			7	29.85	15.03	17940.60	25.46	
3	P-31			7	29.83	15.05	19385.52	27.49	
4	P-20	07/12/20	21/12/20	14	29.77	15.06	19417.13	27.58	28.06
5	P-21			14	30.05	15.07	18985.79	26.69	
6	P-22			14	29.83	15.01	21047.63	29.92	
7	P-16	05/12/20	02/01/21	28	29.68	15.05	19022.50	27.11	28.82
8	P-17			28	29.67	15.05	19588.44	27.93	
9	P-18			28	29.77	14.98	20303.25	28.99	
10	P-19			28	29.62	15.05	21887.86	31.26	

**Gráfico 9. Ensayo Resistencia a la Tracción**



**Ensayo: Módulo de elasticidad estático y relación de Poisson ASTM C469/C469M – 14**

**a) Probeta P-03**

$$E = (S2 - S1) / (e2 - 0.00005)$$

**donde:**

E= Módulo de elasticidad en kg/cm<sup>2</sup>

S2= Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última

S1= Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal de 50 millonésimas.

e2= Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S2.

Longitud de medición (cm)	22.2
Longitud promedio del espécimen (cm)	29.84
Diámetro promedio del espécimen (cm)	15.00
Área del espécimen (cm <sup>2</sup> )	176.79
Carga última (kg)	58,275.42
Esfuerzo último (kg)	329.63
Esfuerzo Diseño (kg)	210.00
Identificación	P-03

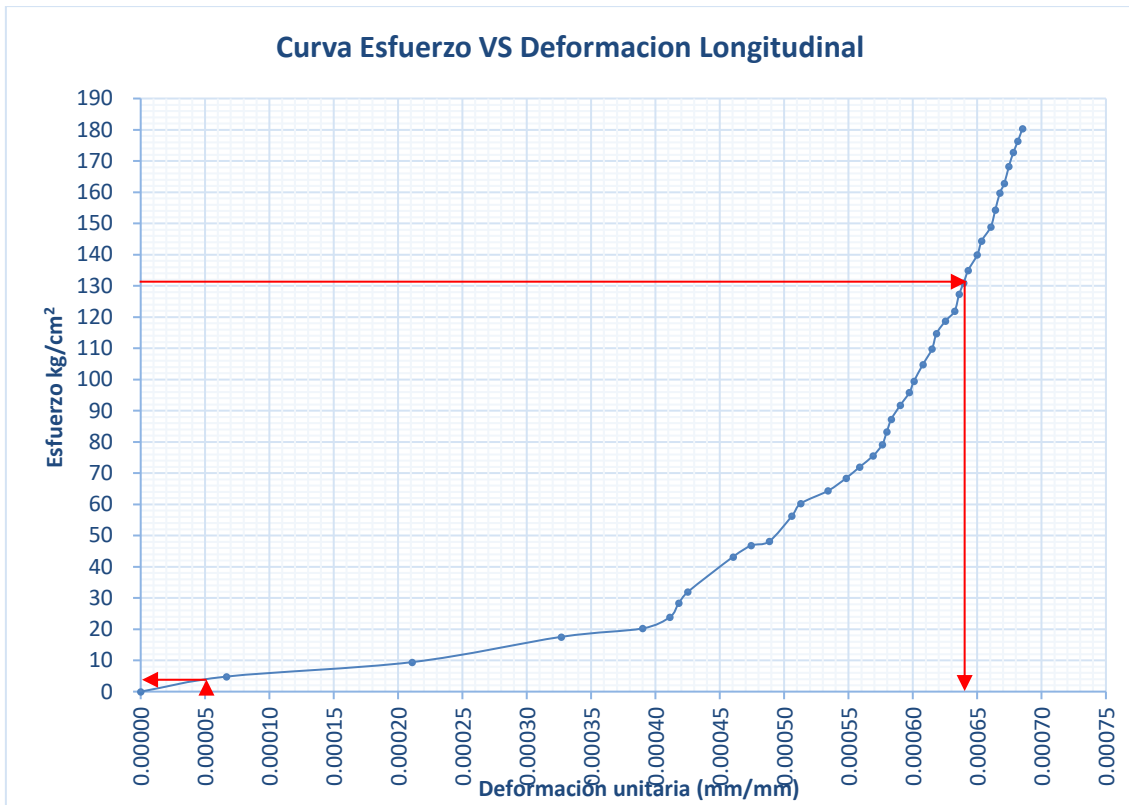
**Tabla 56.** Ensayo: Módulo de Elasticidad y Relación de Poisson P-03

Lect. N°.	Carga KN	Carga kg	Deformación longitudinal (mm)		Deformación transversal (mm)		Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
			Deformación mm	Deformación Unitaria	Deformación mm	Deformación Unitaria	
0	0.0	0.0	0.000	0.000000	0.000	0.000000	0
1	8.36	852.6	0.015	0.000067	0.001	0.000008	5
2	16.38	1,670.3	0.047	0.000211	0.002	0.000012	9
3	30.42	3,101.9	0.073	0.000327	0.002	0.000015	18
4	35.10	3,579.1	0.087	0.000390	0.003	0.000023	20
5	41.34	4,215.4	0.091	0.000411	0.005	0.000035	24
6	49.14	5,010.8	0.093	0.000418	0.007	0.000046	28
7	55.38	5,647.1	0.094	0.000425	0.009	0.000058	32
8	74.88	7,635.5	0.102	0.000460	0.010	0.000070	43
9	81.12	8,271.8	0.105	0.000474	0.012	0.000077	47
10	83.46	8,510.4	0.108	0.000488	0.012	0.000081	48
11	97.50	9,942.1	0.112	0.000506	0.014	0.000093	56
12	104.52	10,657.9	0.114	0.000513	0.015	0.000101	60
13	111.54	11,373.7	0.119	0.000534	0.016	0.000108	64
14	118.56	12,089.6	0.122	0.000548	0.017	0.000112	68
15	124.80	12,725.9	0.124	0.000559	0.018	0.000120	72
16	131.04	13,362.1	0.126	0.000569	0.019	0.000124	76
17	137.28	13,998.4	0.128	0.000576	0.019	0.000128	79
18	144.30	14,714.3	0.129	0.000580	0.020	0.000131	83
19	151.32	15,430.1	0.129	0.000583	0.020	0.000135	87
20	159.12	16,225.5	0.131	0.000590	0.021	0.000143	92
21	166.14	16,941.3	0.133	0.000597	0.022	0.000147	96
22	172.38	17,577.6	0.133	0.000601	0.023	0.000151	99
23	181.74	18,532.0	0.135	0.000608	0.024	0.000158	105
24	190.32	19,406.9	0.137	0.000615	0.025	0.000166	110
25	198.90	20,281.8	0.137	0.000618	0.026	0.000174	115
26	205.92	20,997.7	0.139	0.000625	0.027	0.000178	119
27	211.38	21,554.4	0.140	0.000632	0.028	0.000186	122
28	220.74	22,508.9	0.141	0.000636	0.028	0.000189	127
29	226.98	23,145.2	0.142	0.000639	0.029	0.000193	131
30	234.00	23,861.0	0.143	0.000643	0.030	0.000201	135
31	242.58	24,735.9	0.144	0.000650	0.031	0.000205	140
32	250.38	25,531.2	0.145	0.000654	0.032	0.000213	144
33	258.18	26,326.6	0.147	0.000661	0.033	0.000220	149
34	267.54	27,281.1	0.147	0.000664	0.034	0.000228	154
35	276.90	28,235.5	0.148	0.000668	0.035	0.000236	160
36	282.36	28,792.2	0.149	0.000671	0.037	0.000244	163
37	291.72	29,746.7	0.150	0.000675	0.037	0.000247	168
38	299.52	30,542.1	0.151	0.000678	0.038	0.000255	173
39	305.76	31,178.3	0.151	0.000682	0.039	0.000263	176
40	312.78	31,894.2	0.152	0.000685	0.040	0.000267	180

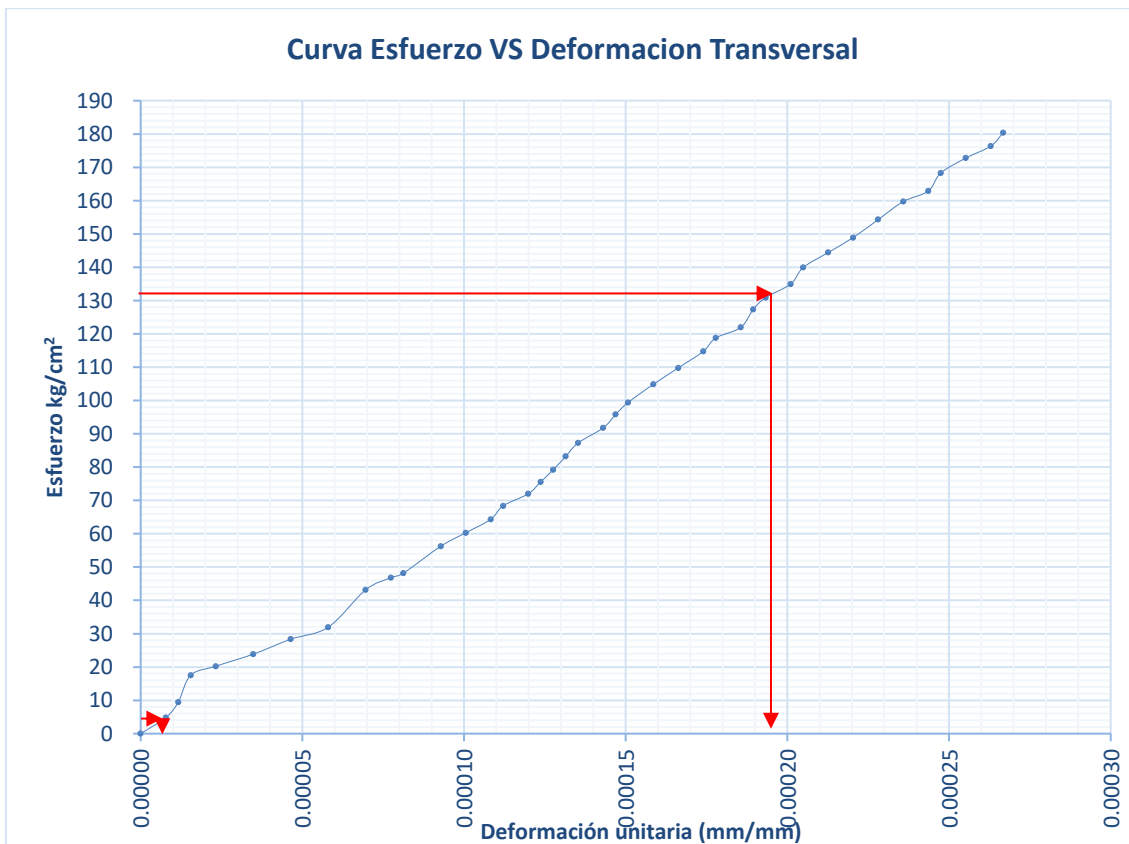
Fuente: Elaboración propia



**Gráfico 10.** Curva esfuerzo - Deformación Longitudinal P-03



**Gráfico 11.** Curva Esfuerzo - Deformación Transversal P-03



**Datos obtenidos de gráficos.**

DATOS	SÍMBOLO	
f'c último (kg/cm <sup>2</sup> )		329.63
f'c A d=0.000050	S <sub>1</sub>	4.00
40% f'c último (kg/cm <sup>2</sup> )	S <sub>2</sub>	131.85
d=0.000050	e <sub>1</sub>	0.00005
d A 40% de f'c último	e <sub>2</sub>	0.000640

**Cálculo de Módulo de Elasticidad.**

Módulo elasticidad	
Cte. Elás. f'c Ult.	11,936
Módulo Ec kg/cm <sup>2</sup>	<b>216,697.32</b>
Cte. Elás. f'c Nomin.	14,954

**Cálculo de Relación de Poisson.**

POISSON		Relación Poisson	
et1	0.000008	u=	0.31
et2	0.000192		

**b) Probeta P-07**

$$E=(S2-S1)/(e2-0.00005)$$

**donde:**E= Módulo de elasticidad en kg/cm<sup>2</sup>

S2= Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última

S1= Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal de 50 millonésimas.

e2= Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S2.

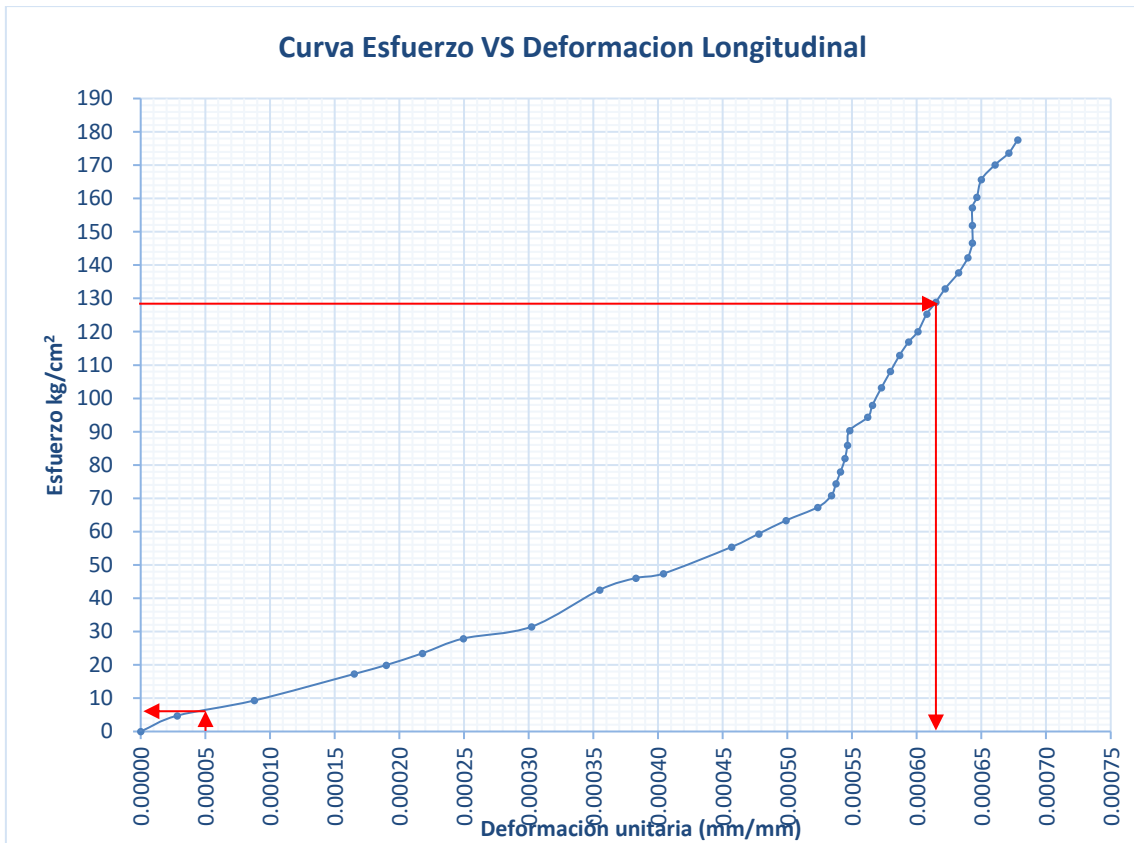
Longitud de medición (cm)	22.2
Longitud promedio del espécimen (cm)	29.80
Diámetro promedio del espécimen (cm)	15.12
Área del espécimen (cm <sup>2</sup> )	179.55
Carga última (kg)	58,275.42
Esfuerzo último (kg)	324.57
Esfuerzo Diseño (kg)	210.00
Identificación	P-07

**Tabla 57. Ensayo: Módulo de Elasticidad y Relación de Poisson P-07**

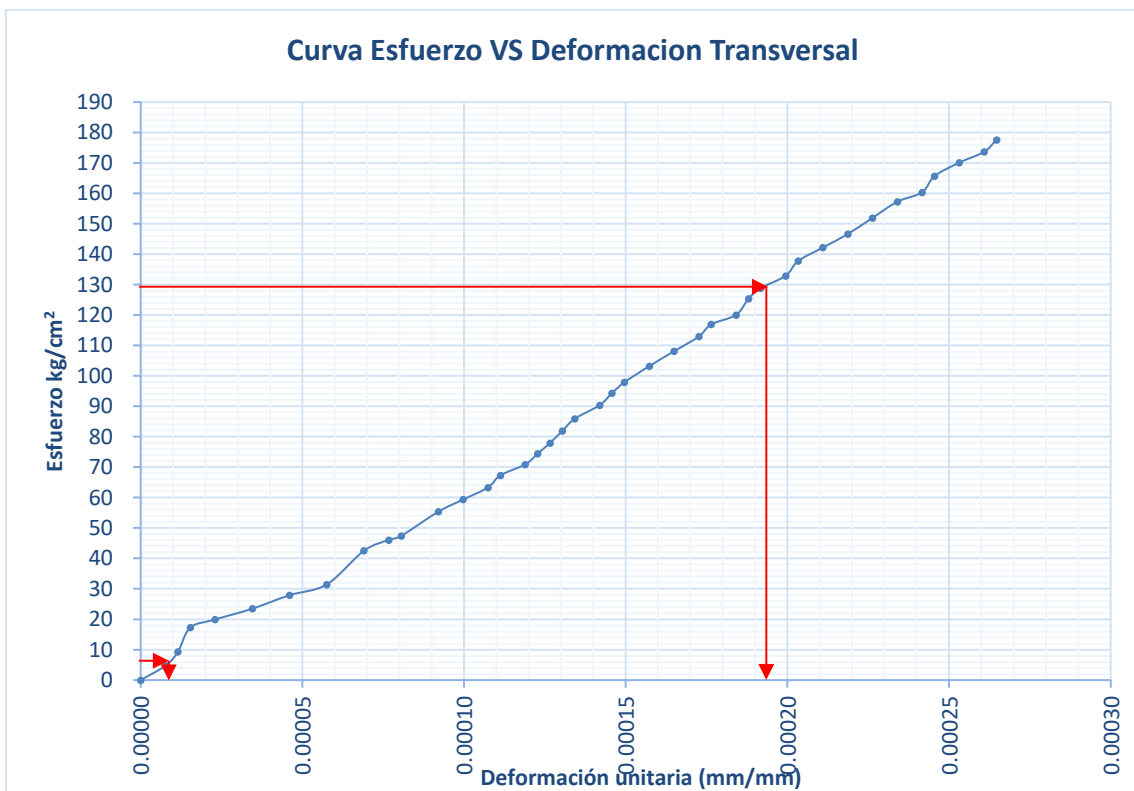
Lect. N°.	Carga KN	Carga kg	Deformación longitudinal (mm)		Deformación transversal (mm)		Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
			Deformación mm	Unitaria	Deformación mm	Unitaria	
0	0.0	0.0	0.000	0.000000	0.000	0.000000	0
1	8.36	852.6	0.006	0.000028	0.001	0.000008	5
2	16.38	1,670.3	0.020	0.000088	0.002	0.000012	9
3	30.42	3,101.9	0.037	0.000165	0.002	0.000015	17
4	35.10	3,579.1	0.042	0.000190	0.003	0.000023	20
5	41.34	4,215.4	0.048	0.000218	0.005	0.000035	23
6	49.14	5,010.8	0.055	0.000249	0.007	0.000046	28
7	55.38	5,647.1	0.067	0.000302	0.009	0.000058	31
8	74.88	7,635.5	0.079	0.000355	0.010	0.000069	43
9	81.12	8,271.8	0.085	0.000383	0.012	0.000077	46
10	83.46	8,510.4	0.090	0.000404	0.012	0.000081	47
11	97.50	9,942.1	0.101	0.000457	0.014	0.000092	55
12	104.52	10,657.9	0.106	0.000478	0.015	0.000100	59
13	111.54	11,373.7	0.111	0.000499	0.016	0.000107	63
14	118.56	12,089.6	0.116	0.000524	0.017	0.000111	67
15	124.80	12,725.9	0.119	0.000534	0.018	0.000119	71
16	131.04	13,362.1	0.119	0.000538	0.019	0.000123	74
17	137.28	13,998.4	0.120	0.000541	0.019	0.000127	78
18	144.30	14,714.3	0.121	0.000545	0.020	0.000130	82
19	151.32	15,430.1	0.121	0.000546	0.020	0.000134	86
20	159.12	16,225.5	0.122	0.000548	0.021	0.000142	90
21	166.14	16,941.3	0.125	0.000562	0.022	0.000146	94
22	172.38	17,577.6	0.126	0.000566	0.023	0.000150	98
23	181.74	18,532.0	0.127	0.000573	0.024	0.000157	103
24	190.32	19,406.9	0.129	0.000580	0.025	0.000165	108
25	198.90	20,281.8	0.130	0.000587	0.026	0.000173	113
26	205.92	20,997.7	0.132	0.000594	0.027	0.000176	117
27	211.38	21,554.4	0.133	0.000601	0.028	0.000184	120
28	220.74	22,508.9	0.135	0.000608	0.028	0.000188	125
29	226.98	23,145.2	0.137	0.000615	0.029	0.000192	129
30	234.00	23,861.0	0.138	0.000622	0.030	0.000199	133
31	242.58	24,735.9	0.140	0.000632	0.031	0.000203	138
32	250.38	25,531.2	0.142	0.000639	0.032	0.000211	142
33	258.18	26,326.6	0.143	0.000643	0.033	0.000219	147
34	267.54	27,281.1	0.143	0.000643	0.034	0.000226	152
35	276.90	28,235.5	0.143	0.000643	0.035	0.000234	157
36	282.36	28,792.2	0.144	0.000646	0.037	0.000242	160
37	291.72	29,746.7	0.144	0.000650	0.037	0.000246	166
38	299.52	30,542.1	0.147	0.000661	0.038	0.000253	170
39	305.76	31,178.3	0.149	0.000671	0.039	0.000261	174
40	312.78	31,894.2	0.151	0.000678	0.040	0.000265	178

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfico 12.** Curva Esfuerzo - Deformación Longitudinal P-07



**Gráfico 13.** Curva Esfuerzo - Deformación Transversal P-07



### Datos obtenidos de gráficos.

DATOS	SÍMBOLO	
f'c último (kg/cm <sup>2</sup> )		324.57
f'c A d=0.000050	S <sub>1</sub>	7.00
40% f'c último (kg/cm <sup>2</sup> )	S <sub>2</sub>	129.83
d=0.000050	e <sub>1</sub>	0.00005
d A 40% de f'c último	e <sub>2</sub>	0.000615

### Cálculo de Módulo de Elasticidad.

Resultados de Módulo elasticidad	
Cte. Elás. f'c Ult.	12,067
Módulo Ec kg/cm <sup>2</sup>	<b>217,393.59</b>
Cte. Elás. f'c Nomin.	15,002

### Cálculo de Relación de Poisson.

POISSON		Resultados de Relación Poisson	
et1	0.000009	u=	0.32
et2	0.000192		

### c) Probeta P-14

$$E=(S2-S1)/(e2-0.00005)$$

**donde:**

E= Módulo de elasticidad en kg/cm<sup>2</sup>

S2= Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última

S1= Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal de 50 millonésimas.

e2= Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S2.

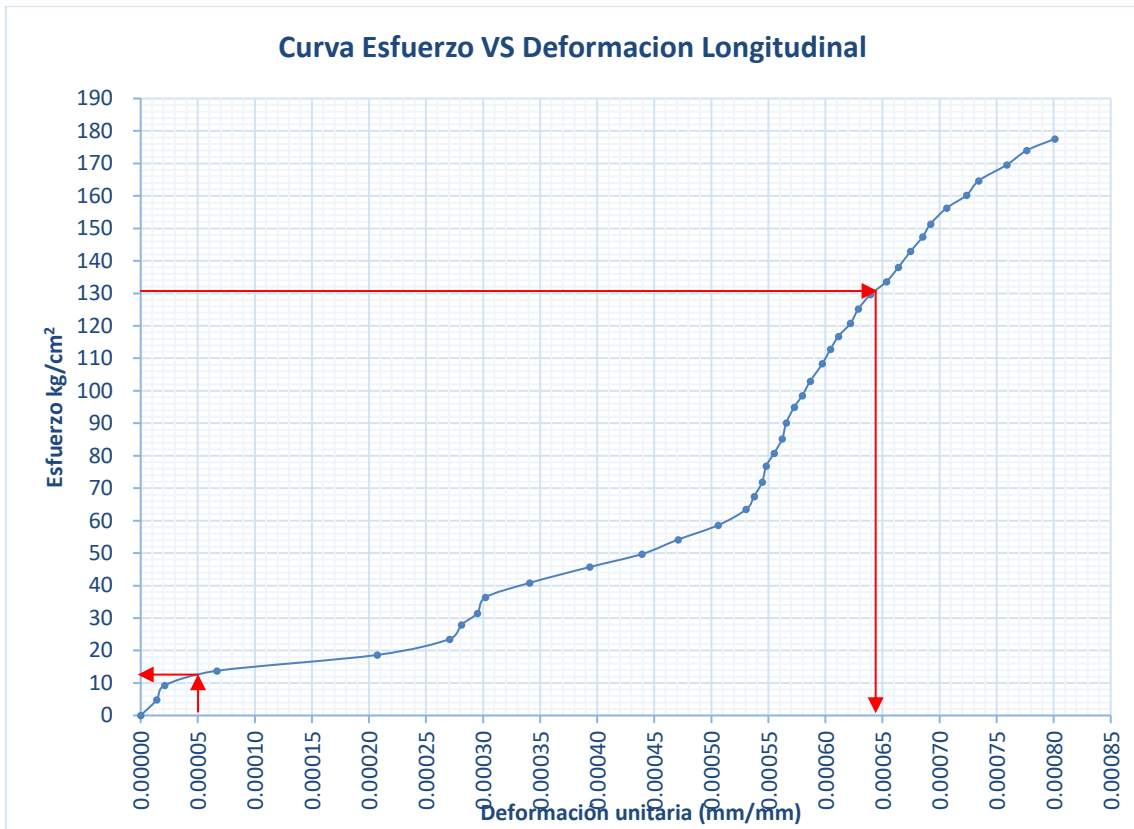
Longitud de medición (cm)	22.2
Longitud promedio del espécimen (cm)	29.7
Diámetro promedio del espécimen (cm)	15.10
Área del espécimen (cm <sup>2</sup> )	179.16
Carga última (kg)	58,275.42
Esfuerzo último (kg)	325.28
Esfuerzo Diseño (kg)	210.00
Identificación	P-14

**Tabla 58.** *Ensayo: Módulo de Elasticidad y Relación de Poisson P-14*

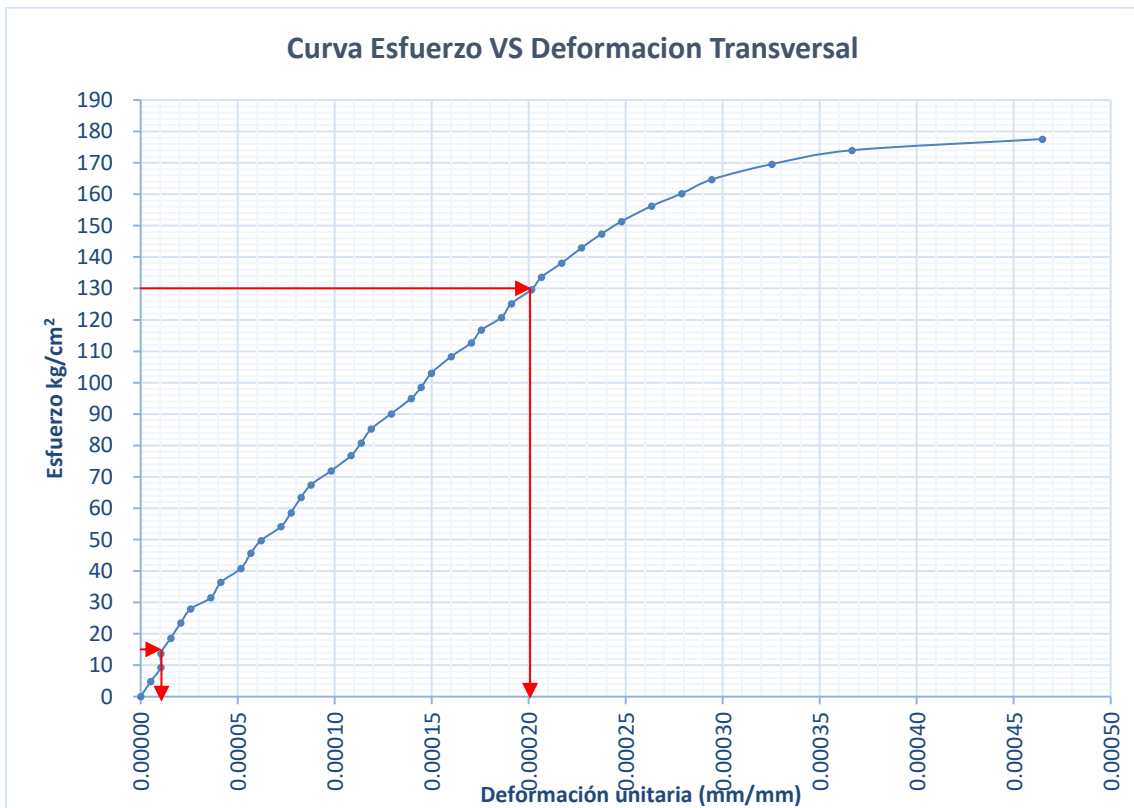
Lect. N°.	Carga KN	Carga kg	Deformación longitudinal (mm)		Deformación transversal (mm)		Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
			Deformación mm	Deformación Unitaria	Deformación mm	Deformación Unitaria	
0	0.0	0.0	0.000	0.000000	0.000	0.000000	0
1	8.52	868.5	0.003	0.000014	0.001	0.000005	5
2	16.38	1,670.3	0.005	0.000021	0.002	0.000010	9
3	24.18	2,465.6	0.015	0.000067	0.002	0.000010	14
4	32.76	3,340.5	0.046	0.000207	0.002	0.000015	19
5	41.34	4,215.4	0.060	0.000271	0.003	0.000021	24
6	49.14	5,010.8	0.062	0.000281	0.004	0.000026	28
7	55.38	5,647.1	0.066	0.000295	0.005	0.000036	32
8	63.96	6,522.0	0.067	0.000302	0.006	0.000041	36
9	71.76	7,317.4	0.076	0.000341	0.008	0.000052	41
10	80.34	8,192.3	0.087	0.000394	0.009	0.000057	46
11	87.36	8,908.1	0.098	0.000439	0.009	0.000062	50
12	95.16	9,703.5	0.105	0.000471	0.011	0.000072	54
13	102.96	10,498.8	0.112	0.000506	0.012	0.000077	59
14	111.54	11,373.7	0.118	0.000531	0.012	0.000083	63
15	118.56	12,089.6	0.119	0.000538	0.013	0.000088	67
16	126.36	12,884.9	0.121	0.000545	0.015	0.000098	72
17	134.94	13,759.8	0.122	0.000548	0.016	0.000108	77
18	141.96	14,475.7	0.123	0.000555	0.017	0.000114	81
19	149.76	15,271.0	0.125	0.000562	0.018	0.000119	85
20	158.34	16,145.9	0.126	0.000566	0.020	0.000129	90
21	166.92	17,020.8	0.127	0.000573	0.021	0.000139	95
22	173.16	17,657.1	0.129	0.000580	0.022	0.000145	99
23	180.96	18,452.5	0.130	0.000587	0.023	0.000150	103
24	190.32	19,406.9	0.133	0.000597	0.024	0.000160	108
25	198.12	20,202.3	0.134	0.000604	0.026	0.000170	113
26	205.14	20,918.1	0.136	0.000611	0.027	0.000176	117
27	212.16	21,634.0	0.138	0.000622	0.028	0.000186	121
28	219.96	22,429.3	0.140	0.000629	0.029	0.000191	125
29	227.76	23,224.7	0.142	0.000639	0.030	0.000201	130
30	234.78	23,940.5	0.145	0.000654	0.031	0.000207	134
31	242.58	24,735.9	0.147	0.000664	0.033	0.000217	138
32	251.16	25,610.8	0.150	0.000675	0.034	0.000227	143
33	258.96	26,406.2	0.152	0.000685	0.036	0.000238	147
34	265.98	27,122.0	0.154	0.000692	0.037	0.000248	151
35	274.56	27,996.9	0.157	0.000706	0.040	0.000263	156
36	281.58	28,712.7	0.161	0.000724	0.042	0.000279	160
37	289.38	29,508.1	0.163	0.000734	0.044	0.000294	165
38	297.96	30,383.0	0.168	0.000759	0.049	0.000325	170
39	305.76	31,178.3	0.172	0.000776	0.055	0.000367	174
40	312.00	31,814.6	0.178	0.000801	0.070	0.000465	178

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfico 14.** Curva Esfuerzo - Deformación Longitudinal P-14



**Gráfico 15.** Curva Esfuerzo - Deformación Transversal P-14



### Datos obtenidos de gráficos.

DATOS	SÍMBOLO	
f'c último (kg/cm <sup>2</sup> )		325.28
f'c A d=0.000050	S <sub>1</sub>	13.90
40% f'c último (kg/cm <sup>2</sup> )	S <sub>2</sub>	130.11
d=0.000050	e <sub>1</sub>	0.00005
d A 40% de f'c último	e <sub>2</sub>	0.000640

### Cálculo de Módulo de Elasticidad.

Resultados de Módulo elasticidad	
Cte. Elás. f'c Ult.	10,921
Módulo Ec kg/cm <sup>2</sup>	<b>196,968.14</b>
Cte. Elás. f'c Nomin.	13,592

### Cálculo de Relación de Poisson.

POISSON		Resultados de Relación Poisson	
et1	0.000010	u=	<b>0.33</b>
et2	0.000202		



**Ensayo: Módulo de elasticidad estático ACI 318-19**

Para valores de  $W_c$  entre 90 y 160 lb/ft<sup>3</sup> (1440 a 2560 kg/m<sup>3</sup>).

$W_c$  = densidad, peso unitario, del concreto de peso normal o densidad de equilibrio del concreto liviano, kg/m<sup>3</sup>

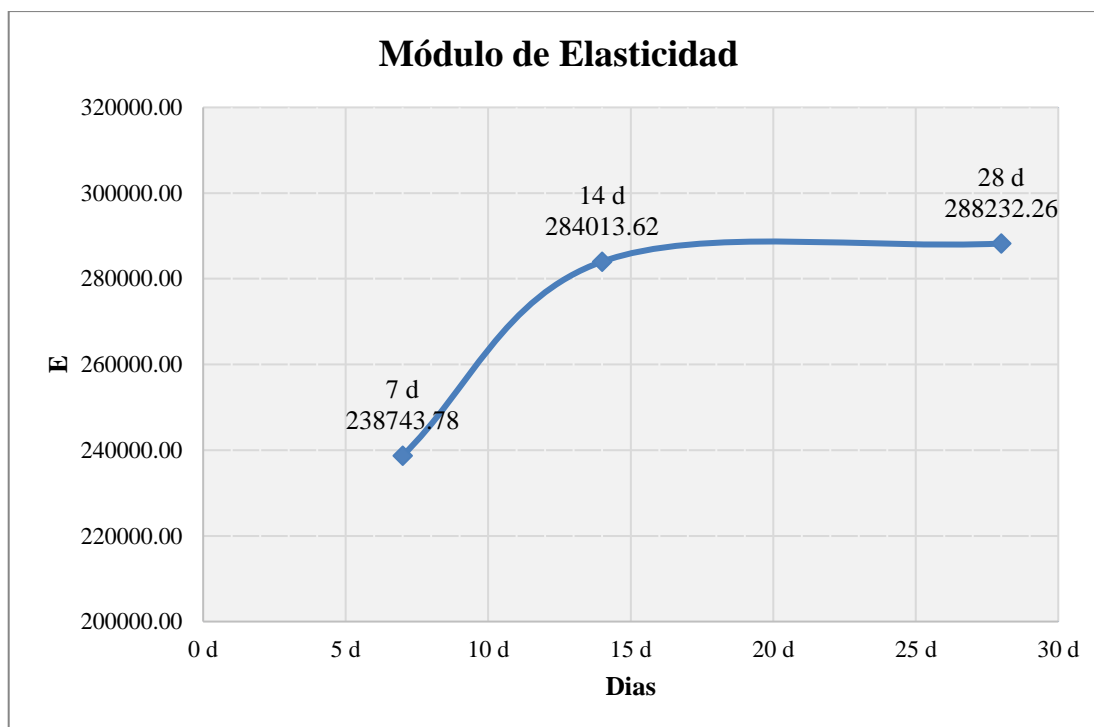
$$E_c = W_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c}$$

**Tabla 59. Ensayo: Módulo de Elasticidad Estático ACI 318-19**

Módulo de Elasticidad del Concreto ACI 318-19													
Nº	Iden.	Fecha de ensayo	Fecha de rotura	Edad (días)	Diam. (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máx. (kg)	Resist. Máx. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Máx. (MPa)	Peso Unit. (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de Elast. Mpa	Módulo de Elast. (kg/cm <sup>2</sup> )	E Prom. (kg/cm <sup>2</sup> )
1	P-32	07/12/20	14/12/20	7	15.06	178.06	42018.78	235.98	23.14	2395.84	24257.93	247363.0	238743.8
2	P-33			7	15.05	177.91	38053.16	213.89	20.98	2383.36	22914.63	233665.0	
3	P-34			7	15.09	178.94	35925.05	200.77	19.69	2344.02	21653.10	220801.0	
4	P-35			7	15.09	178.90	36988.60	206.75	20.28	2357.24	22159.62	225966.1	
5	P-36			7	15.07	178.47	43957.23	246.29	24.15	2351.97	24104.81	245801.6	
6	P-37			7	14.97	176.01	44484.41	252.74	24.79	2370.47	24706.87	251940.9	
7	P-38			7	15.02	177.21	42873.29	241.94	23.73	2365.16	24091.80	245668.9	
8	P-23	07/12/20	21/12/20	14	15.02	177.22	56666.77	319.75	31.36	2388.18	28101.88	286560.5	284013.6
9	P-24			14	15.03	177.32	56536.25	318.84	31.27	2386.53	28032.95	285857.6	
10	P-25			14	15.01	177.04	57929.16	327.20	32.09	2389.68	28454.15	290152.7	
11	P-26			14	15.02	177.09	55755.16	314.84	30.88	2384.33	27817.73	283662.9	
12	P-26			14	15.05	177.79	48478.58	272.68	26.74	2396.35	26084.20	265985.8	
13	P-28			14	15.02	177.28	57805.77	326.07	31.98	2394.80	28496.25	290582.0	
14	P-1			14	15.06	178.07	56889.06	319.47	31.33	2381.83	27977.67	285293.9	
15	P-2	05/12/21	02/01/21	28	15.06	178.15	58275.86	327.11	32.08	2371.00	28117.18	286716.5	288232.3
16	P-9			28	15.06	178.10	54981.20	308.72	30.27	2383.77	27536.31	280793.3	
17	P-10			28	15.04	177.62	59935.93	337.43	33.09	2364.18	28434.38	289951.1	
18	P-11			28	15.04	177.55	59275.16	333.85	32.74	2381.19	28588.64	291524.0	
19	P-12			28	15.06	178.17	57602.85	323.31	31.71	2373.92	28005.08	285573.4	
20	P-13			28	15.05	177.88	58303.39	327.76	32.14	2385.78	28408.89	289691.1	
21	P-15			28	15.01	176.89	59553.54	336.67	33.02	2384.57	28770.30	293376.5	

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 16. Ensayo Módulo de Elasticidad del Concreto ACI 318-19**



Fuente: Elaboración propia

**Ensayo: Densidad, Absorción y Huecos del Concreto. ASTM C642-13**

**Tabla 60. Ensayo: Densidad, Absorción y Huecos del Concreto. ASTM C642-13**

Prob. N°	Masa de probeta seca al horno (g)							Masa seca final (g) (A)
	24h.	48h.	Δ%	Observación	72h.	Δ%	Observación	
P - 4	12146.00	12043.00	0.85	Secar 24h. más	12039.00	0.03	OK	12039.00
P - 6	12064.00	11916.00	1.23	Secar 24h. más	11910.00	0.05	OK	11910.00
P - 8	12082.00	11893.00	1.56	Secar 24h. más	11889.00	0.03	OK	11889.00

Fuente: Elaboración propia

Prob N°	Masa de probeta después de sumergido en agua (g)							Masa después de sumergido final (g) (B)
	48h.	72h.	Δ%	Observación	96h.	Δ%	Observación	
P - 4	12605.00	12605.00	0.00	OK	12605.00	0.00	OK	12605.00
P - 6	12502.00	12502.00	0.00	OK	12502.00	0.00	OK	12502.00
P - 8	12550.00	12550.00	0.00	OK	12550.00	0.00	OK	12550.00

Fuente: Elaboración propia

Probeta N°	Masa después de sumergido (g)	
	Ebullición (C)	Sumergido aparente (D)
	5h + 14h	
P - 4	12629.00	7305.00
P - 6	12517.00	7156.00
P - 8	12570.00	7196.00

Fuente: Elaboración propia

PROPIEDAD	PROBETA N°	VALOR	PROMEDIO
Absorción luego de sumergido (%) [(B-A) / A]x100	P - 4	4.70	5.08
	P - 6	4.97	
	P - 8	5.56	
Absorción luego de sumergido y hervido (%) [(C-A) / A]x100	P - 4	4.90	5.24
	P - 6	5.10	
	P - 8	5.73	
Densidad Aparente Seca (g/cm <sup>3</sup> ) [A/(C-D)]. ρ=g <sub>1</sub>	P - 4	2.26	2.23
	P - 6	2.22	
	P - 8	2.21	
Densidad Aparente luego de sumergido (g/cm <sup>3</sup> ) [B/(C-D)]. ρ	P - 4	2.37	2.34
	P - 6	2.33	
	P - 8	2.34	
Densidad Aparente luego de sumergido y hervido (g/cm <sup>3</sup> ) [C/(C-D)]. ρ	P - 4	2.37	2.35
	P - 6	2.33	
	P - 8	2.34	
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> ) [A/(A-D)]. ρ=g <sub>2</sub>	P - 4	2.54	2.53
	P - 6	2.51	
	P - 8	2.53	
Volumen De Espacio Poroso Permeable (Poros), % (g <sub>2</sub> -g <sub>1</sub> ) / g <sub>2</sub> x 100= (C-A) / (C-D) x100	P - 4	11.08	11.69
	P - 6	11.32	
	P - 8	12.67	

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO IV: ENSAYOS QUÍMICO DEL AGREGADO FINO



### ENSAYO DE AGREGADO FINO OIKOSLAB N°1729-2020

Solicitante : Bach. Royser gamonal Burga  
 Fecha de recepción : 15-11-2020  
 Muestra proporcionada por el solicitante  
 Tesis :  
 "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO  $f_c = 210\text{kg/cm}^2$  OBTENIDO CON AGREGADO FINO DE CERRO Y PIEDRA EN CIUDAD DE CUTERVO"

#### I.- Descripción de la muestra

Tipo de muestra : Agregado fino  
 Cantera : Cerro Ilucan  
 Provincia : Cutervo  
 Región : Cajamarca

#### II.- Resultados

Ensayo Químico	Unidades	Expresión	Muestra	Norma Técnica
Conductividad Eléctrica a 28.7°C	mS/cm	mS/cm	0.01	ISO-11265-ASTMD 1125
Cloruros	mgCl/Kg	ppm Cl <sup>-</sup>	239.63	ASTMD-512 / MTC E 720
Materia Orgánica	Porcentaje	% M.O.	0.00	MTCE 118
Potencial de Iones Hidrógeno a 27.5°C	Sin unidades	Sin unidades	7.41	ASTMD-1293-MTCE129
Sales Solubles en Agua	Porcentaje	%S.S.	0.0295	MTCE-219
Sulfatos	mg(SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> /Kg	ppm (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	50.0	ASTMD-516/MTCE 719

  
 Jorge A. Delgado Soto  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. 66767  


Paje, San Pedro N°113 - Morro Solar Alto - Ica  
 Cel. 970911920  
 jads14@hotmail.com

## INFORME DE ENSAYO DEL AGREGADO FINO OIKOSLAB N°1729-2020

Solicitante : Bach. Roysler gamonal Burga  
Fecha de recepción : 15-11-2020  
Muestra proporcionada por el solicitante

### MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.

Referencia SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed.

Medición utilizando el equipo multiparámetro marca HANNA HI-2550, calibrado con solución HI7030, 12885  $\mu$ /cm. Norma: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. (Incluye Muestreo). Título Conductivity. Laboratory Method

Muestra	Conductividad mS/cm
Agregado fino	0.04

### DETERMINACIÓN DE CLORUROS MÉTODO DE MOHR.

Referencia ASTM D 512 04

10 gramos de la muestra de suelos es calentada hasta ebullición con 100 mL de agua destilada por 10 minutos, se enfría y se filtra y se repite la operación y se va llenando en una fiola de 500 mL, hasta que la muestra de suelo no contenga cloruros. De la fiola se toma una alícuota de 100 mL, en un matraz de 250 mL y se añade el indicador cromato de potasio, se valora con Nitrato de Plata estandarizado 0.1N, utilizando micropipeta, se anota el volumen gastado. Empleando la fórmula, se determina los mg/L de Cloruros que hay en la muestra filtrada, a continuación, se calcula los mg de Cloruros por Kilogramo de suelo con la relación de dilución. A este valor se le resta los cloruros que hubo en el agua utilizada para la dilución (ppm de Cl- del blanco)

Nc: Normalidad corregida de Nitrato de plata

Vi: Volumen inicial de Nitrato de plata

Vf: Volumen final de Nitrato de plata

Vg: Volumen gastado en la valoración de la dilución

$\text{ppm Cl}^- = [(Vg \text{ muestra} - Vg \text{ blanco}) \text{ mL AgNO}_3 \times Nc \text{ AgNO}_3 \times 0.0355 \times 106] / V \text{ muestra (mL)} \times \text{Relación dilución} \times 1000$

Vgast. mtra	Vgast. blanco	Vgastado	Rel. Dil. (L/ gr)	Norm. AgNO <sub>3</sub>	Masa Cl	Vol. mtra (mL)	mgCl/Kg	%Cl
0.300	0.15	0.15	0.05	0.09	0.0355	100	239.6250	0.0239

### DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES

#### Referencia MTCE-219

Para realizar este procedimiento, la muestra debe ser secada a la temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , hasta que el peso se haga constante aproximadamente a 0.01 g. La muestra es sometida a continuos lavados con agua destilada caliente, hasta que se haya eliminado totalmente las sales. Si es que hubiera presencia aún de estas, se detectan con solución de nitrato de plata y solución de cloruro de bario, las cuales, al menor indicio de la presencia de sales, formarían precipitados color blanco. Del agua total de lavado, se afora a un volumen determinado y se toma una alícuota de 50 ml. procediendo a secar la alícuota en una estufa a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

1	Peso del crisol (g)	81.250
2	Peso del matraz + agua + sales (g)	181.25
3	Peso del matraz + sal (g)	81.2795
4	Peso de la sal (g)	0.0295
5	Peso del agua (g)	100.000
6	Porcentaje de sales (%)	0.0295
7	Cantidad de sales en (ppm)	295.0

### DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA.

#### Referencia Pérdida por ignición MTCE 118

La muestra es secada a peso constante  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ . Luego pesar aproximadamente 10 a 40 gramos de muestra luego colocarlo en crisoles pesados que han sido sometidos al rojo vivo. Luego colocarlo en la mufla durante 6 horas a  $445 \pm 10^\circ\text{C}$ . Sacar de la mufla el crisol y colocarlo en el desecador.

$$\% \text{Materia orgánica} = \frac{A - B}{B - C} \times 100$$

- A: Peso de Crisol y del Suelo Seco al horno antes de la Ignición  
 B: Peso de Crisol y del Suelo Seco después de la Ignición  
 C: Peso de Crisol con aproximación al 0.01 gramos

CALCINACIÓN 6 HORAS A $445^\circ\text{C}$			%M.O
Wcrisol	Wcrisol + W m.seca	Wcrisol + W m.calcinada	
74.580	84.580	84.580	0.00



ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**DIKOSLAB**  
SOC



### MEDICIÓN DEL POTENCIAL DE IONES HIDRÓGENO (pH).

Referencia MTCE 129

Se realiza una dilución de 30 gramos de suelo en 75 mL de agua destilada. Los resultados se obtienen a partir de las mediciones mostradas en el equipo pH metro. HANNA HI2550. Se realiza el protocolo de calibración del equipo con los Buffers HI 7004 (4.01), HI 7007 (7.01) y HI7010 (10.01).

Muestra	pH
Agregado fino	7.41

### DETERMINACIÓN DE SULFATOS.

Referencia ASTM D 516/PHA-AWWA-WEF (2012)

Utilizamos el método turbidimétrico, lectura a 420 nm en espectrofotómetro visible, marca UNICO, utilizando celda de 1 cm. El anión sulfato precipita en medio ácido con cloruro de bario, formando cristales de sulfato de bario de tamaño uniforme. Con el patrón sulfato de sodio seco por 2 horas, se prepara una curva de calibración con soluciones a concentraciones de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 ppm. También se prepara un blanco con cloruro de bario, para ajustar la absorbancia a cero. Se realiza curva de calibración y se lee en la absorbancia de la muestra en la curva.



Jorge A. Delgado Soto  
ING. RESPONSABLE  
C.I.P. 56757



**DIKOSLAB**  
SOC

Pje. San Pedro N°113 - Morro Solar Alto - Jaén  
Cel. 970911920  
jads14@hotmail.com

## ANEXO V: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO



### DESCRIPCIÓN

**Cemento Portland Tipo I.** Gracias a su nuevo diseño de Clinker, se logra un concreto más durable brindando alta resistencia a todas las edades.



### USOS

- Cemento de uso general.

### ATRIBUTOS

**Diseño supera los requisitos de la normas nacionales**

**Altas resistencias a todas las edades**

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

### RECOMENDACIONES



Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.



Almacenar en pilas de menos de 10 sacos.

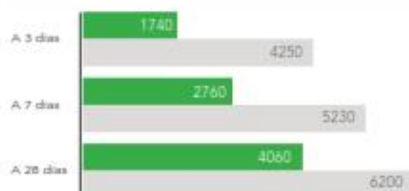


Utilizar agregados y materiales certificados y de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



**Resistencia a la compresión (PSI)**

■ Resultado Promedio ■ Requisito NTP334.090 / ASTM C150

Pacasmayo



# Cemento Portland tipo I

## Requisitos Normalizados

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

Resultado promedio de nuestros productos.

### Propiedades Químicas

QUÍMICOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
MgO (%)	6.0 máx.	2.2
SO <sub>3</sub> (%)	3.0 máx.	2.7
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.1
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.7

### Propiedades Físicas

REQUISITOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
Contenido de aire del mortero (Volumen %)	12 máx.	6
Superficie específica (cm <sup>2</sup> /g)	2600 mín.	3810
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.12
Densidad (g/mL)	<b>A</b>	3.12
Resistencia a la compresión mín. (MPa)		
1 día	<b>A</b>	15.8
3 días	12.0	30.3
7 días	19.0	37.0
28 días <sup>(1)</sup>	28.0	42.1
Tiempo de Fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	110
Final, no mayor que:	375	238

**A** No específica.  
(1) Requisito opcional.

### VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha y hora de envasado garantiza máxima frescura.

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2016.

## PANEL FOTOGRÁFICO



**Fotografía N°01:** Extracción de agregado fino en la cantera “CERRO ILUCÁN”



**Fotografía N°02:** Extracción de agregado grueso en la cantera “LANCHECONGA”



**Fotografía N°03:** Ensayo análisis granulométrico del agregado fino y grueso.



**Fotografía N°04:** Ensayo de abrasión del agregado grueso en la Máquina los Angeles.



**Fotografía N°05:** Secado de muestra para peso SSS y Pe del agregado grueso.



**Fotografía N°06:** Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.



**Fotografía N°07:** Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino.



**Fotografía N°08:** Ensayo de peso específico del agregado fino.



**Fotografía N°09:** Ensayo del contenido de humedad de los agregados.



**Fotografía N°10:** Medición slump de mezcla de prueba.



**Fotografía N°11:** Preparación de muestras de prueba.



**Fotografía N°12:** Preparación de muestras de prueba (M-01, M-02, M-03) para ensayo de rotura.



**Fotografía N°13:** Ensayo de resistencia a la compresión de probetas de prueba (M-01, M-02, M-03).



**Fotografía N°14:** Fallas obtenidas en muestras de prueba luego de ensayo de resistencia a la compresión.



**Fotografía N°15:** Ensayo Slump luego de corrección de diseño de mezcla.



**Fotografía N°16:** obtención de pesos de probetas en estado fresco.



**Fotografía N°17:** Desmolde e identificación de probetas (P-01, P-02, ....., P-19)



**Fotografía N°18:** Desmolde e identificación de probetas (P-20, P-21, ....., P-38)



**Fotografía N°19:** Identificación de probetas.



**Fotografía N°20:** Medición de probetas.



**Fotografía N°21:** Ensayo de resistencia a la compresión (7 días)



**Fotografía N°22:** Fallas de ensayo a la compresión (edad 7 días)



**Fotografía N°23:** Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral (brasileño) probetas 7 días



**Fotografía N°24:** Fallas de probetas resistencia a la tracción, edad 7 días.



**Fotografía N°25:** Ensayo de compresión de probetas, edad 14 días.



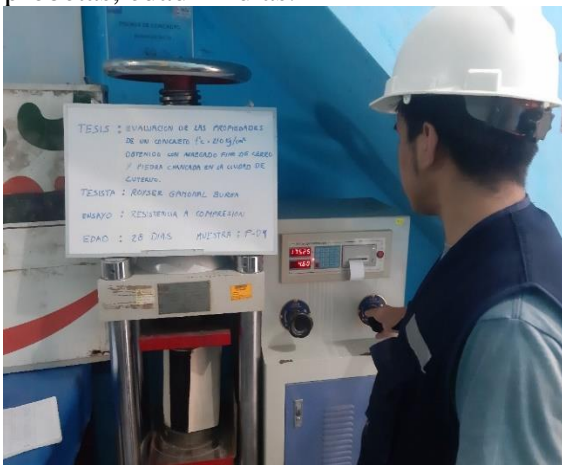
**Fotografía N°25:** Fallas de ensayo a la compresión (edad 14 días)



**Fotografía N°26:** Ensayo resistencia a la tracción por compresión diametral de probetas, edad 14 días.



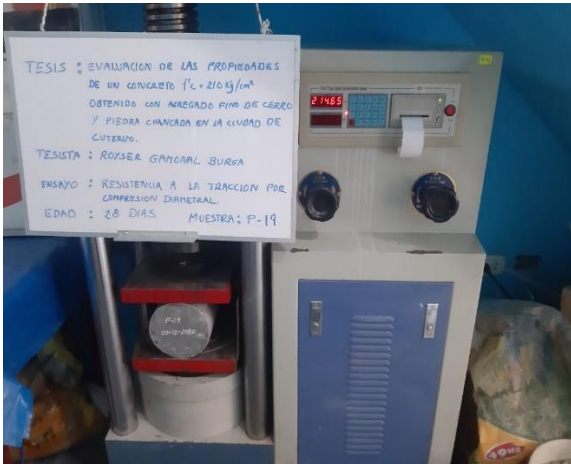
**Fotografía N°27:** Fallas de probetas resistencia a la tracción, edad 14 días.



**Fotografía N°28:** Ensayo de compresión de probetas, edad 28 días



**Fotografía N°29:** Fallas de ensayo a la compresión (edad 28 días)



**Fotografía N°30:** Ensayo resistencia a la tracción por compresión diametral de probetas, edad 28 días.



**Fotografía N°31:** Fallas de probetas resistencia a la tracción, edad 28 días.



**Fotografía N°32:** Secado al horno de probetas para determinar su porcentaje de vacíos.



**Fotografía N°33:** Peso seco al horno de probetas para determinar su porcentaje de vacíos.



**Fotografía N°34:** Peso saturado de probeta.



**Fotografía N°35:** Peso sumergido de probetas.



**Fotografía N°36:** Preparación de equipo para ensayo de Módulo de Elasticidad y relación de Poisson.



**Fotografía N°37:** Colocación de equipo y probeta para ensayo de Módulo de Elasticidad.



**Fotografía N°38:** Ensayo de Módulo de Elasticidad y relación de Poisson.



**Fotografía N°39:** Equipo de apoyo en ensayo de Módulo de Elasticidad



**Fotografía N°40:** Se muestra el equipo con su debido Elastómetro y Compresómetro



**Fotografía N°41:** Culminación de ensayo Módulo de Elasticidad hasta el 40% de la carga última.





---

ROYSER GAMONAL BURGA  
DNI N°71210510  
TESISTA



---

**Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo**  
ASESOR DE TESIS  
Docente la Facultad de Ingeniería-UNC