

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



**TESIS**

**“CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y EL MÓDULO  
DE ROTURA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS  
USANDO AGREGADOS DEL RÍO CAJAMARQUINO”**

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

***AUTOR:***

Bach. FERNANDO SAUL ECHEVERRIA MEGO

***ASESOR:***

M. en T. ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2025**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: FERNANDO SAUL ECHEVERRIA MEGO
2. DNI: 76166168  
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
3. Asesor: M.T Alejandro Cubas Becerra  
Facultad: Ingeniería
4. Grado académico o título profesional  
 Bachiller     Título profesional     Segunda especialidad  
 Maestro     Doctor
5. Tipo de Investigación:  
 Tesis     Trabajo de investigación     Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
6. Título de Trabajo de Investigación:  
"CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y EL MÓDULO DE ROTURA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS USANDO AGREGADOS DEL RÍO CAJAMARQUINO"  
  
"Fecha de evaluación: 8 sep 2025"
7. Software antiplagio:     TURNITIN     URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 17 %
9. Código Documento: oid:: :3117:494732381
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 10 /09/2025



FIRMA DEL ASESOR

Alejandro Cubas Becerra

DNI: 26623287



Firmado digitalmente por:  
BAZAN DIAZ Laura Sofia  
FAU 20148258601 soft  
Motivo: En señal de  
conformidad  
Fecha: 10/09/2025 13:16:26-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



# Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

## FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



### ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y EL MÓDULO DE ROTURA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS USANDO AGREGADOS DEL RÍO CAJAMARQUINO.*

ASESOR : *M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0595-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 11 de setiembre de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **quince días del mes de setiembre de 2025**, siendo las doce horas (12:00 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A – Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.  
Vocal : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.  
Secretario : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y EL MÓDULO DE ROTURA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS USANDO AGREGADOS DEL RÍO CAJAMARQUINO*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil **FERNANDO SAUL ECHEVERRÍA MEGO**, asesorado por el M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : .....6..... PTS.  
EVALUACIÓN PÚBLICA : .....11..... PTS.  
EVALUACIÓN FINAL : .....17..... PTS ..... DIECISIETE (En letras)

En consecuencia, se lo declara APROBADO con el calificativo de 17 (DIECISIETE) acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 13:20 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

  
Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.  
Presidenta

  
Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.  
Vocal

  
Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.  
Secretario

  
M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.  
Asesor

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme la vida y la salud, también por brindarme la fe, fuerza y valor de poder seguir lográndome como persona y un profesional de bien.

### **A mis padres,**

Por darme la vida, en especial a mi señora madre por estar apoyándome en cada momento de mi vida y sobre todo en el paso a paso de mi carrera y tesis profesional.

### **A mi asesor,**

Por darme su apoyo y sabiduría en la realización de mi proyecto de tesis y ser el guía para poder lograrlo.

### **A la Universidad Nacional de Cajamarca,**

Por impartir los conocimientos necesarios por medio de sus ilustres docentes durante mi proceso de estudiante universitario, para poder lograr a cumplir mi meta principal en la vida.

## **DEDICATORIA**

Esta investigación de tesis está dedicada principalmente a Dios por permitirme poder vivir este momento importante de mi vida, al poder llegar a ser un profesional de esta prestigiosa casa de estudios, que me hará crecer en mi vida siendo alguien importante y de utilidad para la sociedad.

**A mi madre MARÍA EPIFANIA MEGO CARUAJULCA,**

Por ser el gran apoyo y motivo en ser una mejor persona cada día y en especial, por el empuje que me dio para estudiar esta hermosa carrera profesional de Ingeniería Civil, en la que luchó constantemente a mi lado para lograrlo.

**A mi Familia Mego,**

Que, desde niño, fueron el apoyo en cada etapa vivida a lo largo de estos años, y que también fueron una parte de ese motor que ayudo a empujar ese carro llamado Isac para llegar a destino, convirtiéndome en un profesional importante al servicio de esta sociedad.

**A Jhasmín,**

Por ser una gran amiga y compañera en este proyecto de vida, y brindarme su apoyo incondicional para lograr esta meta tan importante para mí.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIA .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....	13
1.1.    Planteamiento del problema.....	14
1.2.    Formulación del problema .....	14
1.3.    Hipótesis de investigación .....	14
1.4.    Definición de variables .....	15
1.4.1. Variables independientes.....	15
1.4.2. Variable dependiente.....	15
1.5.    Justificación de la investigación .....	15
1.6.    Alcances o delimitación de la investigación.....	15
1.7.    Limitaciones.....	16
1.8.    Objetivos.....	16
1.8.1. Objetivo General .....	16
1.8.2. Objetivos Específicos .....	16
1.9.    Descripción de los contenidos de los capítulos.....	17
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....	18
2.1.    Antecedentes teóricos de la investigación .....	18
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	18

2.1.2.	Antecedentes nacionales .....	19
2.2.	Bases Teóricas .....	20
2.2.1.	Materiales componentes del concreto .....	20
2.2.2.	Diseño de mezcla por el método de módulo de fineza de la combinación de agregados.....	32
2.2.3.	Propiedades físicas del concreto .....	35
2.2.4.	Propiedades mecánicas del concreto .....	36
2.3.	Definición de términos básicos.....	41
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....		42
3.1.	Ubicación política y geográfica .....	42
3.1.1.	Ubicación política de la investigación .....	42
3.1.2.	Ubicación geográfica de la ejecución del estudio .....	42
3.1.3.	Ubicación geográfica de la cantera estudiada .....	42
3.2.	Época de la investigación.....	43
3.3.	Metodología de la investigación .....	43
3.3.1.	Tipo, nivel, diseño y enfoque de la investigación .....	43
3.3.2.	Población de estudio.....	44
3.3.3.	Muestra.....	45
3.3.4.	Unidad de análisis .....	46
3.3.5.	Unidad de observación .....	47
3.4.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos .....	47
3.4.1.	Técnicas.....	47
3.4.2.	Instrumentos .....	47
3.5.	Procedimiento de la investigación .....	48
3.5.1.	Determinación de las propiedades de los agregados.....	49

3.5.2.	Diseño de mezcla .....	54
3.5.3.	Elaboración de probetas .....	55
3.5.4.	Ensayos del concreto .....	55
3.6.	Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.....	56
3.6.1.	Tratamiento de datos .....	56
3.6.2.	Análisis de datos.....	57
3.6.3.	Presentación de resultados .....	57
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		63
4.1.	Análisis de resultados .....	63
4.1.1.	Propiedades de los agregados.....	63
4.1.2.	Diseño de mezcla .....	64
4.1.3.	Resistencia a compresión .....	64
4.1.4.	Resistencia a la flexión.....	64
4.2.	Discusión de resultados contrastados con la hipótesis.....	65
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		66
5.1.	Conclusiones .....	66
5.2.	Recomendaciones .....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		67
ANEXOS.....		70



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Huso granulométrico del agregado fino.....	21
<b>Tabla 2</b>	Granulometría de la NTP 400.037 para agregado grueso.....	22
<b>Tabla 3</b>	Cantidad mínima de muestra para el análisis granulométrico .....	23
<b>Tabla 4</b>	Cantidad mínima de muestra para el ensayo contenido de humedad .....	25
<b>Tabla 5</b>	Cantidad mínima de muestra de agregado grueso para el ensayo de peso específico y absorción.....	27
<b>Tabla 6</b>	Cantidad mínima de muestra para ensayo de material fino que pasa por el tamiz N° 200- por lavado .....	29
<b>Tabla 7</b>	Gradación de las muestras para el ensayo a la ABRASIÓN .....	30
<b>Tabla 8</b>	Número de esferas para el ensayo a la ABRASIÓN dependiendo de la gradación de la muestra. ....	30
<b>Tabla 9</b>	Requisitos aproximados de agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales de agregado grueso .....	33
<b>Tabla 10</b>	Contenido de aire atrapado .....	34
<b>Tabla 11</b>	Módulo de fineza en la combinación de los agregados por contenido de cemento .....	34
<b>Tabla 12</b>	Relación agua-cemento por resistencia.....	35
<b>Tabla 13</b>	Consistencia y Trabajabilidad según el asentamiento del concreto.....	36
<b>Tabla 14</b>	Coordenadas UTM y geográficas de la cantera .....	42
<b>Tabla 15</b>	Valor crítico Z para el nivel de confianza deseado.....	46
<b>Tabla 16</b>	Muestras ensayadas.....	46
<b>Tabla 17</b>	Propiedades físicas de los agregados .....	57
<b>Tabla 18</b>	Materiales de diseño de mezcla, para un $f'c=280\text{kg/cm}^2$ .....	58
<b>Tabla 19</b>	Materiales de diseño de mezcla, para un $f'c=300\text{kg/cm}^2$ .....	58

<b>Tabla 20</b>	Materiales de diseño de mezcla, para un $f'c=320\text{kg/cm}^2$ .....	58
<b>Tabla 21</b>	Asentamiento del concreto.....	58
<b>Tabla 22</b>	Resistencias a la compresión de los diferentes diseños de mezcla a diferentes edades.....	59
<b>Tabla 23</b>	Resistencias a la flexión de los diferentes diseños de mezcla a diferentes edades.....	60
<b>Tabla 24</b>	Análisis estadístico correlación de Pearson .....	61
<b>Tabla 25</b>	Contrastación de resultados – correlación entre resistencias.....	62
<b>Tabla 26</b>	Peso específico del agua (AG).....	71
<b>Tabla 27</b>	Peso unitario suelto del agregado grueso.....	71
<b>Tabla 28</b>	Peso unitario compactado del agregado grueso .....	71
<b>Tabla 29</b>	Peso específico de masa del agregado grueso.....	72
<b>Tabla 30</b>	contenido de humedad del agregado grueso .....	72
<b>Tabla 31</b>	Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°01 (NTP 400.012).....	73
<b>Tabla 32</b>	Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°02 (NTP 400.012).....	74
<b>Tabla 33</b>	Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°03 (NTP 400.012).....	75
<b>Tabla 34</b>	Material fino que pasa la malla N°200(por lavado) del agregado grueso de acuerdo con la (NTP 400.018).....	76
<b>Tabla 35</b>	Abrasión por la máquina de los Ángeles NTP 400.019.....	76
<b>Tabla 36</b>	Peso unitario suelto del agregado fino .....	77
<b>Tabla 37</b>	Peso unitario compactado del agregado fino .....	77
<b>Tabla 38</b>	Peso específico de masa del agregado fino.....	78
<b>Tabla 39</b>	Contenido de humedad del agregado fino .....	78
<b>Tabla 40</b>	Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°01 (NTP 400.012) .....	79
<b>Tabla 41</b>	Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°02 (NTP 400.012) .....	80

<b>Tabla 42</b>	Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°03 (NTP 400.012) .....	81
<b>Tabla 43</b>	Material fino que pasa la malla N°200(por lavado) del agregado fino de acuerdo con la (NTP 400.018) .....	82
<b>Tabla 44</b>	Resistencia a compresión de los diferentes diseños de mezcla a 7 días .....	89
<b>Tabla 45</b>	Resistencia a compresión de los diferentes diseños de mezcla a 14 días .....	90
<b>Tabla 46</b>	Resistencia a compresión de los diferentes diseños de mezcla a 28 días .....	91
<b>Tabla 47</b>	Resistencia a flexión de las probetas prismáticas para diferentes diseños de mezcla a 7 días .....	92
<b>Tabla 48</b>	Resistencia a flexión de las probetas prismáticas para diferentes diseños de mezcla a 14 días .....	93
<b>Tabla 49</b>	Resistencia a flexión de las probetas prismáticas para diferentes diseños de mezcla a 28 días .....	94
<b>Tabla 50</b>	Procesamiento de las propiedades mecánicas del concreto para correlación. ....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Máquina de Los Ángeles .....	31
<b>Figura 2</b>	Diagrama para ensayos a flexión de vigas con cargas a los tercios .....	37
<b>Figura 3</b>	Ubicación de la cantera en estudio.....	43
<b>Figura 4</b>	Resistencias a compresión promedio de los diferentes diseños de mezcla a 7, 14 y 28 días en probetas cilíndricas .....	59
<b>Figura 5</b>	Resistencia a flexión promedio de los diferentes diseños de mezcla a 7, 14 y 28 días en probetas prismáticas.....	60
<b>Figura 6</b>	Curva de distribución granulométrica para el agregado grueso, y un uso “67”- ensayo N°1: NTP 400.037(2014).....	73
<b>Figura 7</b>	Curva de distribución granulométrica para el agregado grueso, y un uso “67”- ensayo N°2: NTP 400.037(2014).....	74
<b>Figura 8</b>	Curva de distribución granulométrica para el agregado grueso, y un uso “67”- ensayo N°3: NTP 400.037(2014).....	75
<b>Figura 9</b>	Curva de distribución granulométrica para el agregado fino-ensayo N°1: NTP 400.037(2014).....	79
<b>Figura 10</b>	Curva de distribución granulométrica para el agregado fino-ensayo N°2: NTP 400.037(2014).....	80
<b>Figura 11</b>	Curva de distribución granulométrica para el agregado fino-ensayo N°3: NTP 400.037(2014).....	81
<b>Figura 12</b>	Cantera Rumicucho -agregados del río Cajamarquino .....	97
<b>Figura 13</b>	Ensayo de peso unitario suelto y compactado de los agregados.....	97
<b>Figura 14</b>	Ensayo de peso específico de masa del agregado fino .....	98
<b>Figura 15</b>	Ensayo de peso específico de masa del agregado grueso .....	99
<b>Figura 16</b>	Ensayo de asentamiento del concreto por el cono de Abrams.....	100
<b>Figura 17</b>	Elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas .....	101

<b>Figura 18</b>	Ensayos de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas .....	101
<b>Figura 19</b>	Ensayos de resistencia a la flexión de probetas prismáticas .....	102
<b>Figura 20</b>	Ensayos de resistencia a la flexión de probetas prismáticas .....	102

## RESUMEN

El módulo de rotura a la flexión ( $M_r$ ) es usualmente calculado en base a una ecuación de correlación propuesta por el ACI 363 siendo  $MR = k * \sqrt{f'_c}$ , donde está directamente relacionada con la resistencia a la compresión, y los valores del coeficiente de correlación “k” oscilan entre 1.99 y 3.18 , sin embargo, en nuestro contexto donde se usa agregados del río Cajamarquino no existe un estudio de correlación entre las resistencias del concreto elaborado con estos materiales y determinar los coeficientes de correlación para diseñar y construir pavimentos rígidos. Para la obtención de estos coeficientes de correlación primero se determinaron las propiedades de los agregados mediante ensayos en el laboratorio, luego se realizó los diseños de mezcla por el método “módulo de fineza de la combinación de los agregados” y se procedió a elaborar las probetas cilíndricas y prismáticas de concreto dejándolas fraguar por 24 horas. Se realizó el curado correspondiente en la poza del laboratorio y se finalizó con los ensayos de las propiedades mecánicas de las probetas a los 7, 14 y 28 días de edad. Con los datos de las resistencias se determinó los coeficientes de correlación para tres diseños de mezcla siendo estas: 2.58 para el diseño de mezcla  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  y 2.70 para los diseños de mezcla  $f'_c=300 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_c=320 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.

**Palabras Clave:** Pavimento rígido, resistencia a la compresión, módulo de rotura a la flexión, correlación, concreto.

## ABSTRACT

The flexural modulus of rupture ( $M_r$ ) is usually calculated based on a correlation equation proposed by ACI 363 being  $M_R = k * \sqrt{f'_c}$ , where it is directly related to the compressive strength, and the values of the correlation coefficient “k” range between 1.99 and 3.18, however, in our context where aggregates from the Cajamarquino River are used, there is no correlation study between the strengths of concrete made with these materials and determining the correlation coefficients to design and build rigid pavements. To obtain these correlation coefficients, the aggregate properties were first determined through laboratory testing. Mix designs were then performed using the "aggregate fineness modulus" method. Cylindrical and prismatic concrete specimens were prepared, allowing them to set for 24 hours. The corresponding curing process was carried out in the laboratory pit and the final phase was completed with mechanical property tests on the specimens at 7, 14, and 28 days of age. With the resistance data, the correlation coefficients were determined for three mix designs, being these: 2.58 for the mix design  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> and 2.70 for the mix designs  $f'_c=300$  kg/cm<sup>2</sup> and  $f'_c=320$  kg/cm<sup>2</sup> respectively.

**Keywords:** Rigid pavement, compressive strength, flexural modulus of rupture, correlation, concrete.

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Para construir pavimentos rígidos cuyo componente principal es la losa de concreto hidráulico, se emplean métodos y estándares basados en la capacidad de resistir tracción por flexión del elemento como criterio de diseño y control en campo, para este control requiriéndose ensayos adicionales. Frente a ello es necesario determinar una relación entre las propiedades de compresión y flexión permitiendo que los diseños y control de calidad de los pavimentos rígidos se puedan realizar acorde a la función que van a desempeñar como estructura vial. El módulo de rotura a la flexión se calcula en base al valor de la resistencia a la compresión, mediante la regresión propuesta por el ACI 363:  $MR = k * \sqrt{f'c}$  (donde “k” varía entre 1.99 y 3.18). En nuestro medio que se usa agregados del río Cajamarquino no se tiene una correlación establecida y verificada para realizar diseños de pavimentos rígidos, tampoco se realiza un control de calidad después de la ejecución y sumado a ello la obtención en campo del módulo de rotura del concreto es altamente probable que sea erróneo. Por ello es importante y necesario determinar coeficientes de correlación válidos que se ajuste a nuestra realidad. Para que esto sea posible el estudio se realizó en el laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNC. Esto requiere que los agregados del río Cajamarquino deben tener características y requisitos de calidad específicos, (establecidos en las normas técnicas peruanas) ya que influyen en las propiedades mecánicas del concreto y por ello en el análisis y determinación de la correlación. La presente investigación busca determinar los coeficientes de las ecuaciones de correlación debido a que la resistencia a la flexión del concreto es la que controla el diseño de los pavimentos. Por ende, para un correcto diseño, un efectivo control de calidad del concreto, una construcción confiable de esta y como aporte para futuras investigaciones es importante la determinación de estos coeficientes.



### **1.1.Planteamiento del problema**

En el diseño estructural de pavimentos rígidos es esencial predecir como responderá el concreto ante esfuerzos de flexo-tracción generada por cargas vehiculares. Para ello se requiere conocer el módulo de rotura a la flexión en su diseño; sin embargo, para tal fin no se tiene un diseño de mezcla establecido y verificado en nuestro contexto para la resistencia a la flexión y además no se hace un control de calidad después de la ejecución que verifique el módulo de rotura a la flexión diseñado. En la práctica se recurre a la resistencia a la compresión como referencia para determinar el módulo de rotura ( $M_r$ ) por ser una propiedad más accesible establecida por normas y ampliamente utilizada. Sin embargo, no existe coeficientes de correlación establecidos para las resistencias del concreto elaborado con agregados del río Cajamarquino limitando un diseño de mezcla confiable frente a una resistencia a la flexión requerida, que dependen de factores como las propiedades de los agregados.

### **1.2.Formulación del problema**

¿Cuáles son los coeficientes de correlación entre la resistencia a la compresión y el módulo de rotura a la flexión del concreto para pavimentos rígidos elaborados con agregados del río Cajamarquino para los diferentes diseños de mezcla?

### **1.3.Hipótesis de investigación**

Los coeficientes de correlación entre la resistencia a la compresión y el módulo de rotura a la flexión del concreto para pavimentos rígidos utilizando agregados del río Cajamarquino aumentan de acuerdo con el incremento de la resistencia del concreto.

## **1.4. Definición de variables**

### **1.4.1. Variables independientes**

- Resistencia a la compresión.
- Módulo de rotura a la flexión.

### **1.4.2. Variable dependiente**

- Coeficiente de correlación.

## **1.5. Justificación de la investigación**

Esta investigación se realizó para determinar los coeficientes de correlación entre las resistencias a compresión y flexión de un concreto elaborado con los agregados del río Cajamarquino a partir de la ecuación matemática dada por el ACI, para aportar una herramienta técnica válida y confiable que sirva en el diseño y construcción de pavimentos rígidos mejorando la calidad de estas obras y, por ende, la calidad de vida de la población Cajamarquina. Por lo tanto, esta investigación tiene una importancia y repercusión tanto en el ámbito académico como en el práctico porque, por una parte, aporta una determinación técnica de la correlación entre dos variables independientes en la construcción de pavimentos; y, por otra parte, da viabilidad y sostenimiento a proyectos que involucren el tipo de materiales.

## **1.6. Alcances o delimitación de la investigación**

- Se utilizó agregados del río Cajamarquino de la cantera “Rumicucho”.
- Se realizó 3 diseños de mezcla para concretos con  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=320 \text{ kg/cm}^2$ .
- Se utilizó Cemento Portland Tipo I de la marca Pacasmayo.

## **1.7.Limitaciones**

- No se realizó el análisis de propiedades químicas de los agregados para poder diseñar y elaborar concreto en base a esas propiedades, lo que influirá directamente en la elaboración de concreto en otras circunstancias.

## **1.8.Objetivos.**

### **1.8.1. Objetivo General**

- Determinar los coeficientes de correlación entre la resistencia a la compresión y el módulo de rotura a la flexión del concreto para pavimentos rígidos usando agregados del río Cajamarquino.

### **1.8.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las propiedades físicas de los agregados del río Cajamarquino de la cantera “Rumicucho”.
- Realizar diseños de mezcla para concretos con  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=320 \text{ kg/cm}^2$ .
- Determinar la resistencia a la compresión de las muestras cilíndricas a los 7, 14 y 28 días de edad.
- Determinar el módulo de rotura de las muestras prismáticas a los 7, 14 y 28 días de edad.

## **1.9.Descripción de los contenidos de los capítulos**

La presente investigación cuenta con 5 capítulos como se describen a continuación:

CAPÍTULO I: Presenta la introducción, la cual comprende el planeamiento del problema, la formulación del problema, la hipótesis, la justificación de la investigación, los alcances y/o delimitación de la investigación, las limitaciones y los objetivos de la investigación.

CAPÍTULO II: Este capítulo abarca el marco teórico, los antecedentes de investigación, y también a las bases teóricas que se tendrán en cuenta en la presente investigación, además de la definición de los términos básicos.

CAPÍTULO III: En este capítulo se indica la ubicación geográfica del lugar de estudio y de la cantera y, además el tiempo en el cual se realizó la presente investigación. Asimismo, se describen los pasos de los procedimientos realizados para todos los ensayos, tratamiento y análisis de datos, finalizando con la presentación de los resultados.

CAPÍTULO IV: En este capítulo se hace el análisis y discusión de los resultados arrojados por la investigación.

CAPÍTULO V: En este capítulo se finaliza la presente investigación estableciendo las conclusiones por cada objetivo planteado, a partir de los resultados obtenidos del estudio. En el mismo, el investigador realiza las recomendaciones que se desprenden de su estudio.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

En Ecuador, Crespo Crespo (2018), en su tesis **“Estudio de la correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del hormigón hidráulico de cemento Portland, empleando cementos y áridos comunes de la Ciudad de Cuenca”**, Empleó cementos tipo HE, IP y GU, así como áridos de las zonas de Santa Isabel y Paute. Para ello elaboró mezclas con diferentes resistencias a la compresión y realizó ensayos de las propiedades mecánicas a 7, 14 y 28 días a un total de 216 cilindros y 108 vigas. Los coeficientes de las ecuaciones de correlación fueron:  $MR = 0.6928 \cdot (f'c)^{0.553}$  para hormigón con árido grueso de Santa Isabel,  $MR = 0.7602 \cdot (f'c)^{0.534}$  para hormigón con árido grueso de Paute y  $MR = 0.7236 \cdot (f'c)^{0.546}$  para mezcla de ambos áridos. Estos resultados evidenciaron que la procedencia de los agregados influye significativamente en la relación entre las propiedades mecánicas del hormigón.

En Paraguay, Maluf Amarilla y Pistilli Barboza (2019), en su tesis **“Estudio sobre la correlación entre las resistencias a la compresión simple y a la flexo-tracción en hormigones utilizados en pavimentos rígidos”**, determinaron cómo la resistencia a la compresión simple y la resistencia a la flexo-tracción de los hormigones utilizados en pavimentos rígidos con materiales locales se relacionan entre sí. En su investigación emplearon una metodología experimental para analizar diferentes resistencias del hormigón de manera comparativa e innovadora llevándose a cabo 108 muestras cilíndricas para la compresión y 84 muestras prismáticas para el ensayo de flexión, todas ellas examinadas a una edad de 3, 7 y 28 días. Los resultados indicaron que existía relación entre resistencias siendo los coeficientes de las ecuaciones de correlación:  $MR=0.72 \cdot \sqrt{f'c}$  cuadrática y  $MR=0.48 \cdot f'c^{0.61}$  potencial. Después de realizar una evaluación económica técnica al

aplicar estas correlaciones halladas existió un ahorro de hasta 10.000 USD/km elaborando concreto.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

En Cusco, Quispe Altamirano y Quispe Yuca (2021), en su tesis **“Análisis y determinación de la correlación entre el módulo de rotura y el esfuerzo a la compresión axial para pavimentos rígidos con agregados de las canteras de Huillque, Huambutio y Pisac”**, determinaron la relación entre el módulo de rotura (MR) y el esfuerzo a compresión axial ( $f'c$ ) del concreto construido con tres de las canteras de agregados gruesos más comunes en la ciudad de Cusco, eligiendo las canteras Huillque, Huambutio y Pisac. Esto para verificar los diseños de pavimentos rígidos, en los que es común asumir valores de MR de la ecuación del ACI 363. Se llevaron a cabo ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados. Con ello elaboraron probetas prismáticas y cilíndricas con resistencias a la compresión diferentes, y realizaron los ensayos de las propiedades mecánicas de estas. Las correlaciones determinadas entre el módulo de rotura  $M_r$  y la resistencia a la compresión  $f'c$  se ajustaron a las afirmaciones de ACI 363 y otros autores. Determinaron ecuaciones de correlación utilizando la ecuación ACI 363 siendo los coeficientes de esas ecuaciones: Huillque  $M_R = 1.97*(f'c)^{1/2}$ , Huambutio  $M_R = 1.98*(f'c)^{1/2}$  y Pisac  $M_R = 2.12*(f'c)^{1/2}$ ; resultando que la correlación de la cantera de Pisac es la más favorable en cuanto a un valor MR más alto en relación con la resistencia a la compresión axial.

En Trujillo, Aguirre Aguilar y Vargas Acuña (2021), en su tesis **“ Correlación del módulo de rotura y resistencia a la compresión de un concreto para pavimento rígido usando diferentes tipos de agregado grueso y relaciones agua/cemento, Trujillo, 2021”**, determinaron la correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión obteniendo los coeficientes

de las ecuaciones de correlación  $MR=2.524*\sqrt{f'c}$ ,  $MR=2.545*\sqrt{f'c}$ ,  $MR=2.312*\sqrt{f'c}$ ,  $MR=2.437*\sqrt{f'c}$ ,  $MR=2.252*\sqrt{f'c}$  y  $MR=2.256*\sqrt{f'c}$  para los concretos de tipo ZR(0.50), ZR(0.55), ZR(0.60), CH(0.50), CH(0.55) y CH(0.60) respectivamente donde (ZR= piedra zarandeada; CH= piedra chancada). Todos los coeficientes de correlación se encuentran dentro del rango establecido por el ACI 363.

## **2.2.Bases Teóricas**

### **2.2.1. Materiales componentes del concreto**

#### **2.2.1.1.Cemento**

La NTP 334.001 indica que el cemento es el componente más esencial del hormigón. Esto se debe a que proporciona resistencia cuando se ha endurecido totalmente. El cemento portland es un material sintético obtenido mediante la calcinación de la mezcla de caliza, arcilla y minerales de hierro previamente molidos creando un compuesto conocido como Clinker. Después, este compuesto se pulveriza y se le añade yeso, consiguiendo que la mezcla adquiera la capacidad de fraguar y endurecer.

#### **2.2.1.2.Agua**

Abanto Castillo (2009) señala que el agua para el concreto puede ser cualquier agua natural potable que no tenga un fuerte olor o sabor para poder fabricar concreto. No obstante, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para la construcción de concreto. Las impurezas en exceso en el agua pueden causar eflorescencia, manchado, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad, además de afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto. Entonces el agua juega un papel importante en la preparación del concreto porque afecta la trabajabilidad y las características del concreto endurecido en especial la resistencia.

### 2.2.1.3. Agregados

**Agregado fino:** La NTP (Norma Técnica Peruana, 2014) indica que son áridos producto de la desintegración de rocas, de origen natural o artificial, tienen un tamaño menor al tamiz 9,5 mm (3/8 pulg) y mayor al tamiz 74 $\mu$ m (N°200), y deben cumplir con el uso granulométrico de la NTP400.037.

**Tabla 1**

*Huso granulométrico del agregado fino*

Tamiz	Abertura (mm)	Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	9.5	100	100
N° 4	4.8	95	100
N° 8	2.4	80	100
N° 16	1.2	50	85
N° 30	0.6	25	60
N° 50	0.3	5	30
N° 100	0.2	0	10

*Nota: datos tomados de la NTP 400.037-pág. 8*

**Agregado grueso:** La norma NTP 400.011 señala que el agregado grueso es el que queda retenido en el tamiz 4.76 mm (N°4) y es mayor a este tamaño, el cual debe cumplir los requisitos que establece la NTP 400.037, y es producto de la desintegración ya sea natural o mecánica de rocas.



**Tabla 2**

*Granulometría de la NTP 400.037 para agregado grueso*

N° ASTM (HUSO)	Tamaños nominales en pulgadas (Abertura Cuadrada) de los tamices normalizados			Porcentajes según el tamaño del agregado que pasa por los tamices normalizados												
				4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16
1	3 1/2"	a	1 1/2"	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	2 1/2"	a	1 1/2"	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...
3	2"	a	1"	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	2"	a	N°4	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	1 1/2"	a	3/4"	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	1 1/2"	a	N°4	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	1"	a	1/2"	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	1"	a	3/8"	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	1"	a	N°4	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	3/4"	a	3/8"	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	3/4"	a	N°4	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	1/2"	a	N°4	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	3/8"	a	N°8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5

*Nota: datos tomados de la NTP 400.037-pág 13.*

### 2.2.1.3.1. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

Norma: NTP 400.012-MTC E 204

Para determinar la distribución del tamaño de las partículas, se utiliza una serie de tamices con aberturas progresivamente menores para separar.

**Muestra:** la muestra requerida de material fino para el ensayo será como mínimo 300g y para el agregado grueso será según la tabla de cantidades establecida por el MTC.

**Tabla 3**

*Cantidad mínima de muestra para el análisis granulométrico*

Tamaño Máximo Nominal Aberturas cuadradas- mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg(lb)
9,5 (3/8)	1(2)
12,5 (1/2)	2(4)
19,0 (3/4)	5(11)
25,0 (1)	10(22)
37,5 (1 ½)	15(33)
50,0 (2)	20(44)
63,0 (2 ½)	35(77)
75,0 (3)	60(130)
90,0 (3 ½)	100(220)
100,0 (4)	150(330)
125,0 (5)	300(660)

*Nota: datos tomados del MTC (2016) MEM.*

**Cálculo:** el cálculo se hará de la forma que se obtenga los porcentajes retenidos en cada tamiz, en la que luego se obtenga los retenidos acumulados y los porcentajes que pasa de cada tamiz, para con ello realizar la curva granulométrica.

## **MÓDULO DE FINURA.**

Norma: NTP 334.045

El grosor predominante de las partículas de agregado se puede medir utilizando el módulo de finura. El módulo de finura se puede calcular sumando todos los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar y dividiendo la suma entre 100. Los estándares ASTM C 125 y ASTM C 136 son aplicables.

Para el agregado fino. Es la relación de la sumatoria con los porcentajes retenidos acumulados en los tamices (N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100) sobre 100.

$$MF = \frac{\text{Sumatoria de los \% acumulados retenidos en las mallas válidas}}{100} \dots\dots\dots(1)$$

Los valores de M.F. deberían estar entre  $2.3 < MF < 3.1$ , para el agregado fino

Para el agregado Grueso. Es la relación de la sumatoria con los porcentajes retenidos acumulados en los tamices (3", 1½", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100) sobre 100.

$$MF = \frac{\text{Sumatoria de los \% acumulados retenidos en las mallas válidas}}{100} \dots\dots\dots(2)$$

## **CONTENIDO DE HUMEDAD**

Norma: NTP 339.185-MTC E 215

Es la cantidad de agua que contiene la muestra de arena con respecto al peso seco después de secar al horno la misma. Esta prueba de contenido de humedad se lleva a cabo antes de hacer la dosificación de una mezcla de concreto. Esto con el fin de reajustar la cantidad de agua en el mezclado.

**Muestra:** La cantidad de muestra para realizar el ensayo será conforme a lo estipulado en la tabla siguiente:

**Tabla 4**

*Cantidad mínima de muestra para el ensayo contenido de humedad*

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4,75(No. 4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
25,0 (1)	4,0
37,5 (1 ½)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2 ½)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3 ½)	16,0
100,0 (4)	25,0
150,0 (6)	50,0

*Nota: datos tomados del MTC (2016) MEM.*

**Cálculo:**

$$P = \frac{100(W-D)}{D} \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

W = peso de la muestra húmeda original(g).

D = peso seco al horno (g).

P = contenido de humedad en (%)

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS**

Norma: NTP 400.021-MTC E 205

Es la relación entre los pesos del agregado y el volumen absoluto de agua (desplazada por

inmersión) conocido como peso específico, utilizado para los cálculos de las proporciones en una dosificación, como es el volumen absoluto de un agregado.

**Cálculos:**

- **Peso específico de masa ( $Pem$ )**

$$Pem = \frac{P}{V-G} * 100 \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

$P$  = Peso de la muestra en el aire secada en el horno en gramos.

$V$  = volumen del frasco(fiola) en  $cm^3$ .

$G$  = Peso en gramos o volumen en  $cm^3$  del agua añadida al frasco(fiola)

- **Peso específico aparente ( $Pe_a$ )**

$$Pe_a = \frac{P}{(V-G)-(500-P)} * 100 \dots\dots\dots(5)$$

- **Absorción ( $A_b$  %)**

$$A_b(\%) = \frac{500-P}{P} * 100 \dots\dots\dots(6)$$

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS**

Norma: NTP 400.021-MTC E 206

Es la relación entre los pesos del volumen unitario del agregado, y el mismo volumen sumergido en agua siendo este aparente.

**Muestra:** la muestra que servirá después del cuarteo será según la tabla siguiente:

**Tabla 5**

*Cantidad mínima de muestra de agregado grueso para el ensayo de peso específico y absorción.*

Tamaño máximo Nominal mm (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo en kg
1,5 (1/2) o menos	2
19,0 (3/4)	3
25,0 (1)	4
37,5 (1 ½)	5
50,0 (2)	8
63,0 (2 ½)	12
75,0 (3)	18
90,0 (3 ½)	25
100,0 (4)	40

*Nota: datos tomados del MTC (2016) MEM.*

**Cálculos:**

- **Peso específico de masa (Pem)**

$$P_{em} = \frac{A}{B-C} * 100 \dots\dots\dots(7)$$

Donde:

A= Peso de la muestra secada en el aire.

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire.

C = Peso en el agua de la muestra saturada

- **Peso específico de masa saturada superficialmente seca (P<sub>eSSS</sub>)**

$$P_{eSSS} = \frac{B}{(B-C)} * 100 \dots\dots\dots(8)$$

- **Peso específico aparente (P<sub>ea</sub>)**

$$P_{ea} = \frac{A}{(A-C)} * 100 \dots\dots\dots(9)$$

- **Absorción ( $A_b$  %)**

$$A_b(\%) = \frac{B-A}{A} * 100 \dots\dots\dots(10)$$

**PESO UNITARIO Y VACIOS DE LOS AGREGADOS.**

Norma: NTP 400.017- MTC E 203

Es la metodología de ensayo para medir la masa y los vacíos de los agregados por unidad de volumen o densidad. El peso unitario suelto o compactado (varillado) y el cálculo de vacíos en el agregado fino o grueso se calculan utilizando este método de ensayo.

**Muestra:** la muestra que se obtendrá por cuarteo será representativa tal que, esta sea en un aproximado de 125 a 200 % de la cantidad que se requiere para el llenado del recipiente, pudiendo ser manipulada para evitar la segregación.

**Cálculos:**

Se puede calcular utilizando la siguiente fórmula tanto para peso unitario varillado como suelto:

$$M = \frac{(G-T)}{V} \dots\dots\dots(11)$$

Donde:

**M:** Peso unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup>

**G:** peso de molde más agregado (kg).

**T:** peso de molde.

**V:** volumen del molde ( $m^3$ )

**CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ DE 75 µm (N° 200) POR LAVADO**

Norma: NTP 400.018- MTC E 202

La NTP 400.018 dice que son materiales de agregado muy finos que se presentan como partículas sueltas (limo) o como recubrimientos superficiales (arcilla).

**Muestra:** se obtiene una muestra representativa por cuarteo, reduciendo hasta una cantidad suficiente según la siguiente tabla:

**Tabla 6**

*Cantidad mínima de muestra para ensayo de material fino que pasa por el tamiz N° 200- por lavado*

Tamaño máximo Nominal del agregado	Peso mínimo de la muestra de ensayo en (g)
4,75mm (N°4) o menor	300
9,5mm (3/8")	1000
19,0mm (3/4")	2500
37,5mm (1 ½") o mayor	5000

*Nota: datos tomados del MTC (2016) MEM.*

**Cálculos:**

Se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$A = \frac{(B-C)}{B} * 100 \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

**A:** Porcentaje del material más fino que pasa la malla N° 200.

**B:** peso de la muestra original.

**C:** peso seco de la muestra después del lavado y secado.



## ABRASIÓN

Norma: NTP 400.019

La normativa dice que es el desgaste que sufre, siendo mecánica o hidráulicamente.

**Muestra:** se obtiene una muestra representativa por cuarteo después de ser lavada y secada en la estufa a unos  $110 \pm 5$  °C, reduciendo hasta una cantidad suficiente según la siguiente tabla:

**Tabla 7**

*Gradación de las muestras para el ensayo a la ABRASIÓN*

Tamiz mm (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
que pasa	retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5mm (1 ½")	25,0mm (1")	1250 ± 25	.....	.....	.....
25,0mm (1")	19,0mm (¾")	1250 ± 25	.....	.....	.....
19,0mm (¾")	12,5mm (½")	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
12,5mm (½")	9,5mm (¾")	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
9,5mm (¾")	6,3mm (¼")	.....	.....	2500 ± 10	.....
6,3mm (¼")	4,75mm (Nº4)	.....	.....	2500 ± 10	.....
4,75mm (Nº4)	2,36mm (Nº8)	.....	.....	.....	5000 ± 10
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

*Nota: datos tomados de la NTP 400.019*

**Tabla 8**

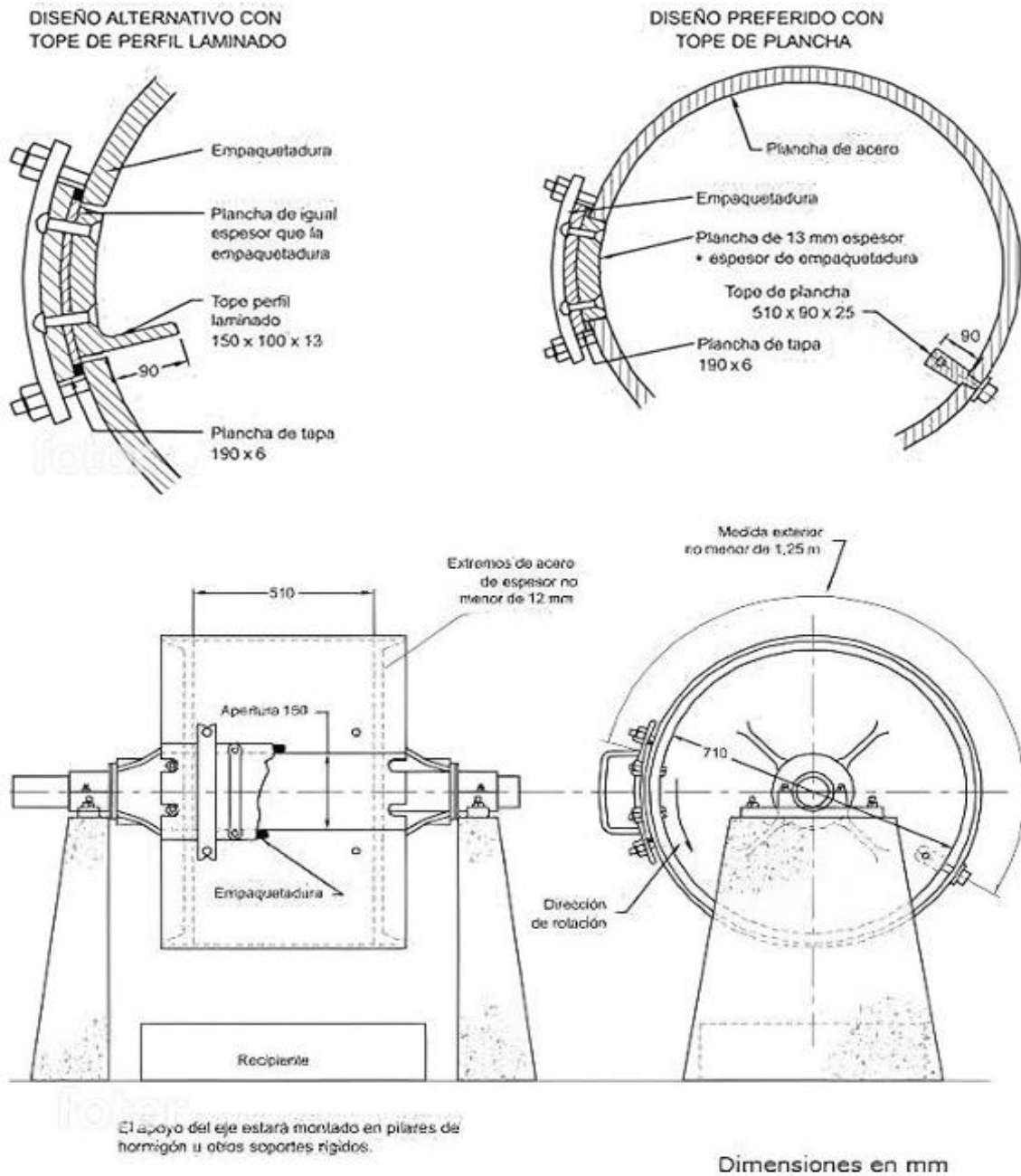
*Número de esferas para el ensayo a la ABRASIÓN dependiendo de la gradación de la muestra.*

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

*Nota: datos tomados de la NTP 400.019*

**Figura 1**

*Máquina de Los Ángeles*



*Nota: datos tomados del MTC (2016) MEM.*

**Cálculos:**

Se puede calcular en base a la masa inicial y final de la muestra ensaya, obteniendo el porcentaje de desgaste que ha sufrido.

### 2.2.2. Diseño de mezcla por el método de módulo de fineza de la combinación de agregados.

Muciño Vélez y Ana Lozada (2019), dicen que es el proceso de elegir los agregados apropiados para el concreto para cumplir con los requisitos de manejabilidad, resistencia y dureza. Actualmente se utilizan mezclas diseñadas para cuyas especificaciones tienen valores límites para un rango de propiedades requeridas. Dentro de los límites establecidos, estos son la relación máxima de agua/cemento, la resistencia, la manejabilidad, el tamaño máximo del agregado y el contenido de aire.

La PCA (2016), indica el método a seguir para la combinación de los agregados con los otros elementos de la mezcla, con el fin de obtener una resistencia que se desea, teniendo como factores importantes la relación A/C, contenido de aire en la mezcla y el módulo de fineza de la combinación de los agregados; ello a través de la siguiente fórmula:

$$r_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \dots\dots\dots(13)$$

Donde:

$m$  = Módulo de fineza de la combinación de agregados

$m_f$  = Módulo de fineza del agregado fino

$m_g$  = Módulo de fineza del agregado grueso

$r_f$  = Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado

Luego se sigue los pasos para determinar los componentes en proporciones necesarias para el concreto a diseñar:

1. Selección de la resistencia de diseño.
2. Elección de la relación a/c por resistencia.
3. Elección de asentamiento.
4. Selección de agua de mezclado.

5. Selección de vacíos.
6. Cálculo de cantidad de cemento.
7. Cálculo de los componentes de la pasta.
8. Determinación del módulo de fineza de la combinación de agregados.
9. Cálculo del porcentaje de agregado fino.
10. Determinación de los pesos secos de los agregados.
11. Determinación de los volúmenes absolutos de los agregados.
12. Materiales de diseño por metro cubico.
13. Materiales de diseño corregidos por humedad.
14. Proporción en peso y volumen.
15. Cálculos de pesos por tanda.

**Tabla 9**

*Requisitos aproximados de agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales de agregado grueso*

<b>AGUA</b> , en kg/m <sup>3</sup> de concreto, para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y asentamiento indicados.								
<b>ASENTAMIENTO</b> (Centímetros)	9,5 mm 3/8 "	12,7 mm 1/2 "	19,0 mm 3/4 "	25,4 mm 1 "	38,0 mm 1 1/2"	50,8 mm 2 "	76,0 mm 3 "	152,0 mm 6 "
<b>CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO</b>								
2,5 a 5,0	207	199	190	179	166	154	130	113
7,5 a 10,0	228	216	205	193	181	169	145	124
15,0 a 17,5	243	228	216	202	190	178	160	---
<b>CONCRETO CON AIRE INCORPORADO</b>								
2,5 a 5,0	181	175	168	160	150	142	122	107
7,5 a 10,0	202	193	184	175	165	157	133	119
15,0 a 17,5	216	205	197	184	174	166	154	---

*Nota: datos tomados del (ACI 211)*

**Tabla 10***Contenido de aire atrapado*

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Aire atrapado (%)
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 ½ "	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

*Nota: datos tomados del (ACI 211)***Tabla 11***Módulo de fineza en la combinación de los agregados por contenido de cemento*

TAMAÑO DEL AGREGAD O GRUESO	MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADO, EL CUAL DA LAS MEJORES CONDICIONES DE TRABAJABILIDAD PARA LOS CONTENIDOS DE CEMENTO EN SACO POR METRO CÚBICO INDICADOS			
	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 ½"	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

*Nota: datos tomados del (ACI 211)*

**Tabla 12***Relación agua-cemento por resistencia*

F'c 28 días	Relación agua - cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
280	0.58	0.49
300	0.55	0.46
320	0.52	0.44
350	0.48	0.4
400	0.43	-----
450	0.38	-----

*Nota: datos tomados del (ACI 211)*

### 2.2.3. Propiedades físicas del concreto

#### 2.2.3.1. Consistencia y Trabajabilidad

La Norma Técnica Peruana NTP 339.035 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación del asentamiento. Nos permite determinar la trabajabilidad siendo esta la capacidad del concreto para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado de manera adecuada, con un mínimo de trabajo y una mayor homogeneidad, y acabado sin segregación. Se puede clasificar en baja, media o alta según el asentamiento de la mezcla.

La siguiente tabla muestra rangos de asentamiento en centímetros que definen la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco.

**Tabla 13**

*Consistencia y Trabajabilidad según el asentamiento del concreto*

consistencia	Asentamiento(pulg.)	trabajabilidad
Seca	0-2	Baja
Plástica	3-4	Media
Fluida o húmeda	5 a más	Alta

*Nota: datos tomados de la NTP 339.035*

**2.2.4. Propiedades mecánicas del concreto**

**2.2.4.1. Resistencia a la compresión**

La Norma Técnica Peruana NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas, utilizó como antecedente a la norma ASTM C39/C39M-05, Tiene como objetivo establecer la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas y extracciones de diamantinas de concreto

El cálculo para la resistencia a la compresión se puede encontrar con la fórmula siguiente:

$$f'c = \frac{P}{A} \left( \frac{kg}{cm^2} \right); A = \frac{\pi\Phi^2}{4} \dots\dots\dots(14)$$

Donde:

$f'c =$  resistencia a la compresión del concreto  $\left( \frac{kg}{cm^2} \right)$

$P =$  carga de rotura en kg

$\Phi =$  diámetro del testigo cilíndrico en cm

$A =$  area de la sección del testigo cilíndrico en  $cm^2$

**2.2.4.2. Resistencia a la flexión (MÓDULO DE ROTURA)**

La Norma Técnica Peruana NTP 339.078 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del

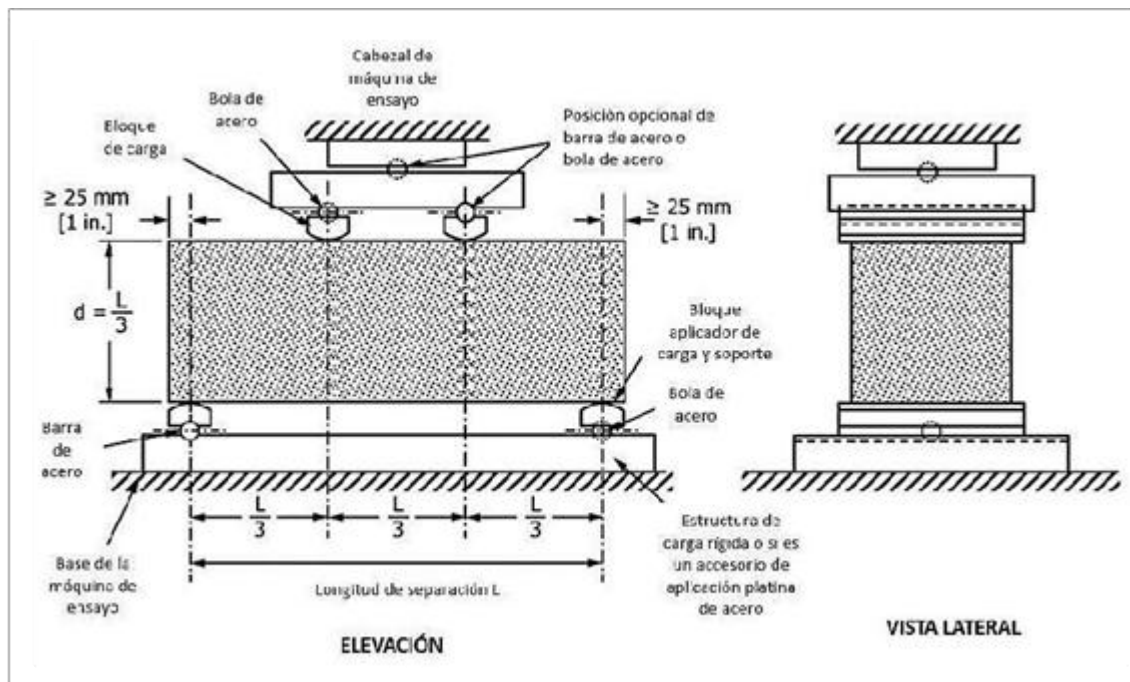
tramo, utilizó como antecedente a la norma ASTM C 78/C 78M - 10. Tiene como objetivo establecer el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión de vigas simplemente apoyadas.

La resistencia a la flexión del concreto (hormigón) se mide por su resistencia a la tracción. Es una evaluación de la capacidad de una viga o losa de concreto sin reforzar para resistir la falla en un momento determinado. Se mide aplicando cargas a vigas de concreto de sección transversal de 6 por 6 pulgadas (150 por 150 mm) con luz mínimamente tres veces el espesor. La resistencia a la flexión del concreto se expresa como el Módulo de Rotura (MR) del mismo.

La carga se aplica uniformemente al espécimen. Hasta el punto de ruptura, la carga se aplica a una velocidad constante. Aplique la carga a una velocidad que aumente constantemente la resistencia de la fibra extrema, entre 0,9 MPa/min y 1,2 MPa/min, hasta que se produzca la rotura de la viga.

## Figura 2

Diagrama para ensayos a flexión de vigas con cargas a los tercios



Nota: datos tomados de la NTP 339.078



El cálculo para la resistencia a la flexión se puede encontrar con la fórmula siguiente:

$$M_r = \frac{P*L}{b*d^2} \dots\dots\dots(15)$$

Donde:

$M_r =$  Módulo de rotura a la flexión, esto en  $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$

$P =$  carga de rotura en kg

$L =$  longitud que hay entre apoyos, esto en cm

$b =$  ancho promedio del testigo en cm

$d =$  altura promedio del testigo en cm

### 2.2.4.3. Correlación

La importancia de establecer correlaciones radica en la facilidad con la que se pueden replicar las metodologías durante la realización de proyectos, donde el control de calidad es esencial para cumplir con plazos y especificaciones técnicas requeridas. (Muñoz & Rivas, 2003).

En pavimentos rígidos, para que exista una correlación entre las resistencias a la flexión y compresión el ACI 363 indica que el valor mínimo del módulo de rotura ( $M_r$ ) en la ecuación matemática de correlación  $M_r = k\sqrt{f'c}$  deberá ser aproximadamente de 34 Kg/cm<sup>2</sup>, relacionándolo con un valor aproximado de resistencia a la compresión de  $f'c = 280$  Kg/cm<sup>2</sup>. Entonces para determinar una correlación el ACI indica que los valores del coeficiente “k” deberán estar entre un rango de  $1.99 < k < 3.18$ .

#### ✓ Correlación lineal de Pearson

Para el análisis correlacional de dos variables como es este el caso, lo adecuado para encontrar un grado de asociación de estas, siendo numéricas, se puede cuantificar mediante el cálculo de un coeficiente de correlación, por ello esta indica el grado de relación entre las dos

variables estudiadas, sabiendo que a menudo este estudio se hace con “El estudio de correlación de Pearson” por qué mide el grado de asociación lineal entre variables cuales quiera.

El índice de correlación varía en un intervalo de  $[-1, +1]$ :

- Si  $r = 1$ , la correlación que existe entre las variables es perfecta, indicándonos que hay dependencia entre las variables, siendo de relación directa; a medida que una aumenta, la otra lo hace también de forma proporcional.
- Si  $0 < r < 1$ , significa que hay una correlación positiva.
- Si  $r = 0$ , entonces no hay una relación lineal
- Si  $-1 < r < 0$ , existirá una correlación negativa entre las variables.
- Si  $r = -1$ , existirá una correlación negativa perfecta, esto indicando que habrá una dependencia total entre variables como relación inversa, traduciendo en que si una aumenta la otra disminuye en una proporción constante.

#### **Interpretación del p-valor o significancia bilateral entre variables:**

- **$p \leq 0.05$ :** Se considera que la correlación es estadísticamente significativa, lo que sugiere que la relación observada en la muestra es probablemente real en la población, y no solo un resultado del azar.
- **$p > 0.05$ :** No se encuentra evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, por lo que se considera que la correlación no es estadísticamente significativa.

#### **Rangos de la Magnitud(fuerza) en la correlación:**

- **Correlación inexistente:**  $r < 0.1$ .
- **Correlación débil:**  $0.1 \leq r < 0.3$ .
- **Correlación moderada:**  $0.3 \leq r < 0.7$ .

- **Correlación fuerte:**  $0.7 \leq r < 1.0$ .
- **Correlación perfecta:**  $r = 1$ .

#### **2.2.4.4.Pavimento rígido**

Cubas Pérez y Tafur Campos (2019), dicen que un pavimento rígido se compone de un grupo de capas interconectadas, bastante horizontales, que se diseñan y edifican técnicamente utilizando materiales adecuados y correctamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía ya creada por medio del movimiento de tierras durante el proceso de exploración y deben resistir de manera adecuada los esfuerzos que las cargas reiteradas del tránsito le aplican durante el periodo para el que se diseñó la estructura del pavimento.

Los pavimentos de concreto simple (PCP: Plain Concrete Pavement) son los más adecuados para el contexto nacional debido a su eficacia y a los tiempos de diseño que se utilizan. Las metodologías de diseño más frecuentes incluyen AASHTO 93, PCA 2016, y Losas Optimizadas 2010.

Las resistencias a compresión que se especifican para pavimentos rígidos suelen estar en un rango de 280 a 350 kg/cm<sup>2</sup>, dependiendo tanto de las condiciones del medioambiente como de las cargas vehiculares. Se considera apropiada para numerosas aplicaciones en vías municipales y carreteras con una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> (que equivale a 4000 psi), dentro de este intervalo ofrece un balance entre durabilidad y rendimiento estructural (American Concrete Institute, 2015).

En el año 2013, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) emitió el Manual de Diseño de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2013, el cual aconseja utilizar la Metodología AASHTO 93 y ACI363 para el diseño de pavimentos rígidos y flexibles.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Propiedades mecánicas.** Estas se refieren a las propiedades que presenta el concreto en estado endurecido, capaces de resistir cargas y esfuerzos. (PCA, 2016)
- **Resistencia a la compresión.** Es la capacidad que tiene el concreto al resistir cargas de una maquina mediante la compresión (PCA, 2016)
- **Resistencia a la flexión (Módulo de rotura).** Es la capacidad que tiene el concreto en forma prismática, para resistir cargas a flexión. (PCA, 2016)
- **Correlación.** La correlación es el método de análisis adecuado cuando se precisa conocer la posible relación entre dos variables, llegando a tener un grado de asociación entre estas siendo numéricas. (American Concrete Institute, ACI363)
- **Pavimento rígido.** Estructura vial compuesta por una losa de concreto como capa de rodadura, apoyada sobre una capa base del pavimento (MTC, 2014).
- **Concreto.** Material compuesto que consiste en un aglomerado donde se encuentran embebidas partículas de agregados grueso y fino. Dicho aglomerado está conformado por una mezcla de cemento hidráulico y agua (ASTM C125, 2020).

## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación política y geográfica

#### 3.1.1. Ubicación política de la investigación

País : Perú

Departamento : Cajamarca

Provincia : Cajamarca

Distrito : Cajamarca

#### 3.1.2. Ubicación geográfica de la ejecución del estudio

La investigación se realizó en la ciudad de Cajamarca, dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en la Avenida Atahualpa N° 1050, y en específico, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales - “Carlos Esparza Días”, que se encuentra en el Edificio 1C de la Facultad de ingeniería (UNC).

#### 3.1.3. Ubicación geográfica de la cantera estudiada

Se utilizaron los agregados de la cantera “Rumicucho”, está ubicada cerca de la plaza pecuaria Iscocongá, carretera 3N de Cajamarca hacia Llacanora S/N.

Sus coordenadas UTM de la cantera son:

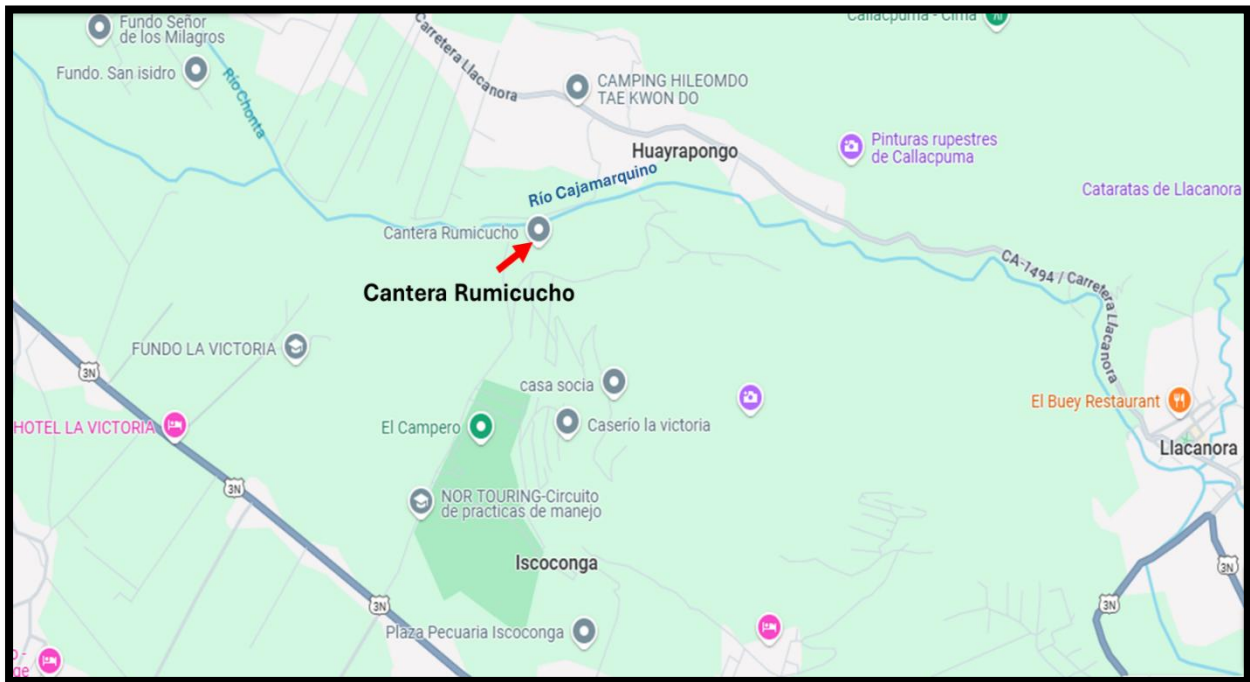
**Tabla 14**

*Coordenadas UTM y geográficas de la cantera*

COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM 17M	
Latitud	Longitud	Este	Norte
7°11'13" S	78°27'7" W	781439	9204796

### Figura 3

*Ubicación de la cantera en estudio*



### 3.2. Época de la investigación

El presente estudio se hizo entre 06 de enero al 28 de febrero del 2025.

### 3.3. Metodología de la investigación

#### 3.3.1. Tipo, nivel, diseño y enfoque de la investigación

##### ❖ Tipo

La investigación es del tipo aplicada porque busca mejorar en la práctica el diseño y construcción de pavimentos rígidos, ya que la construcción de pavimentos rígidos está condicionada principalmente por el diseño de mezcla y este diseño del pavimento en base de la resistencia a la compresión del concreto que está relacionada con el módulo de rotura a la flexión del pavimento, resolviendo una necesidad práctica.

#### ❖ Nivel

La investigación es de nivel correlacional porque busca asociar el grado de relación y en qué forma se da entre dos variables previamente establecidas, siendo una la resistencia a la compresión y otra el módulo de rotura a la flexión del concreto.

#### ❖ Diseño

El diseño de la investigación es experimental, por que busca la verificación de la hipótesis planteada utilizando las muestras obteniendo por resultado coeficientes de correlación entre la resistencia a la compresión y el módulo de rotura a la flexión del concreto para tres diseños de mezcla.

#### ❖ Enfoque

El enfoque de la investigación es cuantitativo porque permitió obtener resultados expresados en valores numéricos que ayudaron a definir la relación entre las resistencias del concreto en la forma de coeficientes de ecuaciones matemáticas.

### 3.3.2. Población de estudio

La población de estudio en esta investigación consta de dos grupos de especímenes de concreto diseñados con  $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f_c=300 \text{ kg/cm}^2$  y  $f_c=320 \text{ kg/cm}^2$  y ensayados por resistencia a la compresión y flexión a los 7, 14 y 28 días.

- ❖ **Grupo A:** Especímenes cilíndricos de concreto con dimensiones de 6" (pulgadas) de diámetro y 12" (pulgadas) de altura. Estos diseñados con resistencias de  $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f_c=300 \text{ kg/cm}^2$  y  $f_c=320 \text{ kg/cm}^2$ . Las muestras se sometieron a pruebas de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

❖ **Grupo B:** Especímenes prismáticos(vigas) de concreto con dimensiones de 15cm de sección (base y altura) y 50cm de largo. Estos diseñados con resistencias de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=320 \text{ kg/cm}^2$ . Las muestras se sometieron a pruebas de resistencia a la flexión a los tercios a los 7, 14 y 28 días.

### 3.3.3. Muestra

Se ensayaron un total de 72 muestras entre vigas y cilindros, para 7, 14 y 28 días de edad, siendo 4 por cada diseño de mezcla y edad, dando un total de 36 muestras para prismas y 36 muestras para cilíndricas.

El tamaño de la muestra se pudo determinar a partir de la fórmula para una población infinita no conocida, siendo esta para una distribución normal:

$$n = \frac{Z^2 * p * (1-p)}{e^2} \dots\dots\dots(16)$$

**Donde:**

**n:** tamaño de la muestra a estudiar

**Z:** valor de la distribución normal para el nivel de confianza deseado

**p:** proporción estimada de la población

**e:** error máximo aceptado



**Tabla 15***Valor crítico Z para el nivel de confianza deseado*

Nivel de confianza	Z
99.70%	3
99%	2.58
98.75%	2.51
98%	2.33
96%	2.05
95%	1.96
90%	1.645

Para el estudio se tomó un nivel de confianza del 96% correspondiendo una distribución normal  $z = 2.05$ ,  $p = 0.9798$  (Anexo 1: tabla de la distribución normal para estimar el p) y un error  $e = 4\%$  (nivel de significancia que se desea); con ello obteniendo un tamaño de muestra mínima de:

$$n = \frac{2.05^2 * 0.9798 * (1 - 0.9798)}{0.04^2} = 51.98 = 52$$

**Tabla 16***Muestras ensayadas*

Diseño de mezcla (f'c)	EDAD- PROBETAS CILÍNDRICAS			EDAD -PROBETAS PRISMÁTICAS (VIGAS)			Subtotal
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días	
280	4	4	4	4	4	4	24
300	4	4	4	4	4	4	24
320	4	4	4	4	4	4	24
<i>Total de muestras ensayadas =</i>							72

**3.3.4. Unidad de análisis**

Es el coeficiente de correlación entre la resistencia a la compresión y el módulo de rotura a la flexión del concreto para tres diseños de mezcla.

### **3.3.5. Unidad de observación**

La unidad de observación son los testigos prismáticos y cilíndricos de concreto elaborados con agregados del río cajamarquino para tres diseños de mezcla ensayados a 7, 14 y 28 días.

## **3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1. Técnicas**

Las técnicas utilizadas en la investigación se desarrollaron bajo condiciones controladas en el laboratorio para asegurar resultados válidos.

- Observación directa: Durante el proceso de elaboración y curado de las probetas se aseguró que los procesos realizados se den bajo condiciones uniformes.
- Ensayo experimental: La investigación se realizó mediante la ejecución de pruebas específicas de compresión y flexión, en las cuales se analizaron testigos prismáticos y cilíndricos de concreto para tres resistencias diseñadas, evaluando el desempeño mecánico para diferentes edades.

### **3.4.2. Instrumentos**

- Se usaron los formatos y/o fichas que nos dan la NTP y el MTC para cada ensayo de propiedad física de los agregados, y también para las propiedades mecánicas del concreto, que son la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión.
- Se usaron los equipos y materiales normalizados por la NTP y MTC para los ensayos en el laboratorio como se indican a continuación:
  - A. Para las propiedades físicas de los agregados
    - ❖ Balanza electrónica con precisión a 0.1 g y capacidad aproximada de 12 kg.
    - ❖ Tamices especificados en el manual

- Agregado grueso: 3", 2½", 2", 1½", 1", ¾" y ⅜".
- Agregado fino: N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200

- ❖ Horno eléctrico (estufa)
- ❖ Recipientes metálicos
- ❖ Fiola con capacidad de volumen mínimo de 500cm<sup>3</sup>
- ❖ Varilla de apisonado
- ❖ Molde cónico metálico.
- ❖ Canastilla con malla de alambre
- ❖ Deposito para ensayo sumergido
- ❖ Estructura para la suspensión de la cesta
- ❖ Cucharones

B. Para la elaboración de las probetas

Los moldes cilíndricos y prismáticos normados fueron empleados para la fabricación de los especímenes, además del trompo tambor para las mezclas.

C. Para las pruebas mecánicas a las probetas

Se utilizó la prensa hidráulica del laboratorio de ensayo de materiales (LEM) de la Facultad para aplicar carga a las probetas cilíndricas de concreto y también a los tercios de las probetas prismáticas y medir su capacidad de resistencia.

### **3.5. Procedimiento de la investigación**

A continuación, se muestra los pasos del procedimiento empleado en la presente investigación.

- 1) Se determinó las propiedades de los agregados en el laboratorio de ensayo de materiales (LEM) de la Facultad de Ingeniería de la UNC.
- 2) Se realizaron 3 diseños de mezcla por el método de módulo de fineza de la combinación de los agregados.

- 3) Se elaboraron y curaron probetas cilíndricas y prismáticas en el laboratorio de la Facultad de acuerdo con los diseños de mezcla realizados y las normas establecidas.
- 4) Se realizó los ensayos de propiedades mecánicas a las probetas en el laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNC, siendo estas a compresión y flexión.
- 5) Con los datos obtenidos de los ensayos en el laboratorio se determinó los coeficientes de correlación entre resistencias.

### **3.5.1. Determinación de las propiedades de los agregados**

#### **3.5.1.1. Cuarteo de agregados**

##### **Procedimiento:**

Se llevó a cabo el cuarteo de los agregados de acuerdo con la Norma NTP 400.043. La muestra para cada ensayo se obtuvo de la siguiente manera: Se ubicó en una superficie limpia y nivelada, luego el material fue mezclado tres veces por cada volteo, cerrando el procedimiento solo en la última vuelta, dando la forma de cono, luego se aplastó a esa forma cónica hasta alcanzar el diámetro y el grosor requerido. La muestra se segmentó en cuatro áreas. circulares (cuartos contrarios) y se extrajo utilizando la espátula o pala. Este procedimiento se repitió hasta conseguir la muestra requerida para cada ensayo.

#### **3.5.1.2. Peso unitario**

Este ensayo se aplicó de acuerdo con la norma NTP 400.017

##### **Peso Unitario Suelto.**

##### **Procedimiento:**

- El recipiente de metal fue llenado con agregado empleando un cucharón con una altura igual a los 5 cm hasta que se rebosara.
- Se extrajo el sobrante de agregado utilizando la barra.

- Se estableció el peso equivalente del agregado.

### **Peso Unitario Compactado.**

#### **Procedimiento:**

- Un tercio del contenedor fue llenado y se apisonó la superficie.
- El agregado fue compactado con 25 impactos distribuidos de manera uniforme sobre esta primera capa.
- Se realizó la compactación de la segunda capa al igual que la primera, llegando a los 2/3 del contenedor, y después para la tercera capa hasta que el material se agotó. Se evitó impactar el fondo del contenedor con la barra al acortar la primera capa y, en las siguientes capas, solo se atravesó la capa correspondiente.
- El contenido del recipiente fue enrasado con la barra y se establecieron los pesos correspondientes.

### **3.5.1.3. Peso específico y absorción de agregados gruesos**

La prueba para calcular el Peso Específico y la Absorción de Agregados Gruesos se llevó a cabo conforme a lo establecido por la norma NTP 400.021.

#### **Procedimiento:**

- Primero se redujo por el cuarteo la muestra.
- Se lavó para eliminar las impurezas que pudo haber sobre ellas.
- Se seco a una temperatura de 100 °C en la estufa.
- Seca la muestra se puso a sumergir en un recipiente con agua por 24 h.
- Después del reposo se extrajo la muestra para secarlo con paños secos, y así eliminar cualquier película de agua a la vista.
- Después del secado se procedió a registrar la muestra superficialmente seca.

- Se registro el peso de la cesta sumergida en el agua.
- Se colocó la muestra en la cesta y se sumergió en el agua y se procedió a registrar el peso de la muestra sumergida.
- Se procedió a retirar del agua, para ponerlo a secar en la estufa, hasta obtener peso constante.
- Se extrajo la muestra para enfriarla, y luego para finalmente registrar su peso seco.

#### **3.5.1.4.Gravedad especifica y absorción de agregados finos**

La prueba para calcular la Gravedad Específica y la Absorción de Agregados Finos se llevó a cabo conforme a lo establecido por la norma NTP 400.022.

##### **Procedimiento:**

- La muestra se obtuvo por método de cuarteo, según lo necesario para el ensayo.
- La muestra obtenida se hizo reposar en agua por 24 horas.
- Se procedió a verter el agua de forma cuidadosa para no perder finos.
- Se dejó en un recipiente liso y plano para secar a temperatura ambiente, removiendo constantemente para que sea un secado uniforme.
- Secada la muestra, se puso en un molde cónico apisonándola con una pequeña varilla mediante 25 golpes.
- Terminado la disposición de la muestra en el molde cónico, se retiró para observar si se derrumba, si se llegó al cometido se finalizó con esa parte del ensayo, caso contrario se dispuso a seguir secando hasta que la forma cónica del agregado se derrumbe quedando conforme para el siguiente paso.
- Teniendo la muestra superficialmente seca, se introdujo 500g de la muestra preparada en el frasco de vidrio de 500ml de capacidad mínima.

- Se introdujo agua como indica el ensayo hasta llegar al nivel de los 500ml del envase.
- Se procedió con la eliminación de burbujas de aire, a través del agitación manual, y luego se llenó el frasco hasta la capacidad calibrada indicada.
- Se hizo el registro del peso total del frasco, con el agua y la muestra contenidos.
- Se retiró a un recipiente la muestra para ponerla a secar en la estufa hasta temperatura constante.
- Por último, se retiró de la estufa se puso a enfriar a temperatura ambiente, y se procedió a registrar el peso final de la muestra seca.

#### **3.5.1.5.Contenido de humedad**

Se realizó el proceso para calcular el Contenido de Humedad de acuerdo con la norma NTP 339.185.

#### **Procedimiento:**

- Primero se pesó la muestra húmeda, empleando 3.7 kg de agregado grueso para un tamaño máximo nominal de 3/4'' y 510g para el agregado fino de acuerdo con la norma de muestra mínima de agregado.
- Luego se anotó el peso inicial para llevar a cabo el proceso de secado en el horno a una temperatura estable de 100°C durante 24 horas para garantizar un secado homogéneo.
- Después del periodo de secado, la muestra se sacó del horno y se enfrió a temperatura ambiente.
- Finalmente se realizó el pesaje definitivo de la muestra seca.

#### **3.5.1.6.Abrasión**

Se realizó la evaluación de la resistencia de abrasión del agregado grueso, de acuerdo con la normativa NTP 400.019

**Procedimiento:**

- Se colocó primero la muestra y las esferas en la máquina de los ángeles.
- Luego se giró a velocidad de 30 rpm por unas 500 revoluciones.
- Después se retiró el material para separarlo utilizando el tamiz N°12.
- Separado el material, se lavó y se puso a secar en la estufa a 100°C.
- Finalmente se retiró el material para enfriar y se registró su peso seco final.

**3.5.1.7.Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) por lavado**

El procedimiento para calcular la cantidad de material fino que atraviesa el tamiz de 75 µm (No 200) por lavado, conforme a la norma NTP 400.018.

**Procedimiento:**

- Primero se obtuvo la muestra representativa para ser secada en la estufa a peso constante por 24 horas a una temperatura de 100°C.
- Secada la muestra se extrajo para su enfriamiento, y se obtuvo el peso en la balanza.
- Luego de pesar de la muestra, esta se colocó en el recipiente con agua hasta cubrirla.
- Cubierta de agua se agitó para poder separar todas las partículas adheridas, y llevando las más finas a suspensión.
- Después de ello se vertió el agua juntamente con los finos en suspensión sobre los tamices en orden decreciente para no perder muestra.
- Se adicionó otra vez agua y se agitó para seguir suspendiendo el material más fino, para luego decantar sobre las mallas, haciendo este procedimiento continuamente hasta que el agua agitada se aclaró y no hubo más material fino suspendido.
- Terminado el proceso de lavado, se procedió con el secado del material no pasante la malla N° 200 en la estufa con una temperatura de 100 °C,



- Se dejó enfriar la muestra seca a temperatura ambiente, para, por último, proceder con la obtención del peso seco de la muestra en la balanza.

### **3.5.1.8. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos**

El método para llevar a cabo el estudio granulométrico de agregados gruesos y finos, conforme a la norma NTP 400.012.

#### **Procedimiento:**

- Se puso a secar la muestra a temperatura 100°C en la estufa.
- Secada la muestra se enfrió a una temperatura ambiente y se pesó en la balanza.
- Luego se tamizó con el juego de tamices indicados por la norma sin desperdiciar muestra.
- Después de tamizar se registró los pesos de la muestra en cada tamiz retenido, verificando que no se haya perdido muestra.
- Por último, se sumó los pesos retenidos en los tamices verificando que el peso total tamizado sea igual al peso seco inicial.

### **3.5.2. Diseño de mezcla**

La elaboración de la mezcla empleada en este estudio se llevó a cabo a través del método del "Módulo de fineza de la combinación de los agregados", siguiendo las instrucciones siguientes:

- Se estableció las resistencias de diseño para concretos  $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$  y  $f_c = 320 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Se obtuvieron los pesos específicos, absorciones, contenidos de humedad, tamaño máximo nominal y módulo de finura del agregado fino de los ensayos realizados en el laboratorio como datos para los cálculos.
- Mediante tablas se determinó el asentamiento, volumen unitario del agua, contenido de

aire atrapado, la relación agua cemento y el factor cemento.

- Luego se determinaron los volúmenes absolutos del cemento, agua, aire y agregados.
- Se hizo la corrección por humedad, según el aporte de agua de los agregados.
- Por último, se sacó las proporciones ya corregidas por tandas, según el peso y volumen.

### **3.5.3. Elaboración de probetas**

Este estudio elaboró 4 probetas cilíndricas y 4 probetas prismáticas para cada diseño de mezcla, y edad a ser ensayada; siendo estas para los ensayos de compresión y flexión, con el objetivo de obtener datos en relación con una distribución normal, facilitando una evaluación efectiva de la variabilidad de los datos y asegurando resultados consistentes que respalden las conclusiones del estudio. El número de especímenes elaborados fueron de 36 probetas prismáticas y 36 probetas cilíndricas, siendo un total de 72 probetas elaboradas.

### **3.5.4. Ensayos del concreto**

#### **3.5.4.1. Ensayo de revenimiento o asentamiento del concreto en el cono de Abrams**

El ensayo de asentamiento del concreto con el cono de Abrams se siguió bajo la norma NTP 339.035, con el procedimiento siguiente:

- Se humedeció la base y el molde en forma de cono, para la no adhesión del concreto.
- Se procedió con el llenado, en tres capas diferentes, cada una con aproximación a la tercera parte del volumen.
- Luego se varilló por cada capa unas 25 veces con la varilla metálica, al último para llenar completamente se colocó material en exceso y se varilló.
- Después de completar el varillado con la última capa, se enrasó mediante la técnica de regleo con la varilla metálica.
- Ya enrasado el material, se procedió con el retiro del material que rodeaba al molde

producto del enrasamiento, y dejar despejado;

- Para por último retirar el molde cónico de forma vertical cuidadosamente, hasta dejar completamente sola a la mezcla, y proceder con la medición del asentamiento, entre la base mayor del cono(volteado), y la parte superior de la mezcla asentada.

#### **3.5.4.2. Ensayo de resistencia a compresión**

El ensayo de resistencia a compresión, siguiendo la norma NTP 339.034, se llevó a cabo en un total de 36 probetas cilíndricas de hormigón ensayadas para los 7, 14 y 28 días de edad. Para ello, los especímenes fueron extraídos de la poza de curación para ser ensayados. Se los codificó, se calculó su diámetro, altura y se los pesó. Después, se los puso en la máquina de prueba, colocando las placas de neopreno en los bordes superior e inferior de las muestras, y finalmente se aplicó la carga hasta que se produzca el fallo.

#### **3.5.4.3. Ensayo de resistencia a la flexión**

Este ensayo de resistencia a la flexión se aplicó según la norma NTP339.078 para 36 probetas prismáticas en forma de vigas, al igual que para la resistencia a compresión se hizo a 7, 14 y 28 días de edad; se procedió con el retiro de las probetas prismáticas de la poza de curado, y se dejaron secar a temperatura ambiente hasta estar secas superficialmente, luego se hizo las medidas correspondientes de su ancho alto y largo, seguidamente se hizo la marcación a los tercios como señal de la posición para la realización del ensayo, se colocó aplicando la carga, aumentando progresivamente hasta llegar a alcanzar la falla, y por último se procedió con los registros de las cargas últimas aplicadas.

### **3.6. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados**

#### **3.6.1. Tratamiento de datos**

Este se hizo a través de fichas y la herramienta Microsoft Excel, con la recopilación de los datos

arrojados de los ensayos para luego organizarlos en las tablas Excel y programar fórmulas según las bases teóricas obteniendo resultados para el estudio y luego ser analizados.

### 3.6.2. Análisis de datos

Se procedió con el análisis correlacional porque se relacionó los resultados entre las resistencias a flexión y compresión de las muestras a través del programa SPSS, en la que se buscaba determinar que correlación existe entre ellas.

### 3.6.3. Presentación de resultados

Los resultados que se obtuvieron a través del procesamiento de datos obtenidos en el laboratorio se presentaran a continuación por medio de tablas y gráficos.

#### 3.6.3.1. Resultados de las propiedades de los agregados

**Tabla 17**

*Propiedades físicas de los agregados*

<b>Propiedad</b>	<b>Und</b>	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado grueso</b>
<b>Tamaño máximo nominal</b>	-	-	3/4"
<b>Peso específico de masa</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.52	2.62
<b>Peso específico de masa SSS</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.57	2.63
<b>Peso específico aparente</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.65	2.64
<b>Peso unitario suelto seco</b>	Kg/m <sup>3</sup>	1606.02	1489.75
<b>Peso unitario seco compactado</b>	Kg/m <sup>3</sup>	1753.87	1633.04
<b>Contenido de humedad</b>	%	7.01	0.89
<b>Absorción</b>	%	1.90	0.26
<b>Módulo de finura</b>	-	2.65	6.74
<b>Abrasión</b>	%	-	21.98
<b>Porcentaje que pasa malla N° 200</b>	%	2.57	0.36

### 3.6.3.2.Resultados de los diseños de mezcla

**Tabla 18**

*Materiales de diseño de mezcla, para un  $f'c=280\text{kg/cm}^2$*

<i>Materiales de diseño corregidos</i>		
<i>Cemento =</i>	<i>353.45</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Agua efectiva =</i>	<i>164.94</i>	<i>lt/m<sup>3</sup></i>
<i>Agregado fino húmedo =</i>	<i>699.79</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Agregado grueso húmedo =</i>	<i>1063.92</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>

**Tabla 19**

*Materiales de diseño de mezcla, para un  $f'c=300\text{kg/cm}^2$*

<i>Materiales de diseño corregidos</i>		
<i>Cemento =</i>	<i>372.73</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Agua efectiva =</i>	<i>165.97</i>	<i>lt/m<sup>3</sup></i>
<i>Agregado fino húmedo =</i>	<i>677.53</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Agregado grueso húmedo =</i>	<i>1069.89</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>

**Tabla 20**

*Materiales de diseño de mezcla, para un  $f'c=320\text{kg/cm}^2$*

<i>Materiales de diseño corregidos</i>		
<i>Cemento =</i>	<i>394.23</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Agua efectiva =</i>	<i>167.04</i>	<i>lt/m<sup>3</sup></i>
<i>Agregado fino húmedo =</i>	<i>654.55</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Agregado grueso húmedo =</i>	<i>1073.91</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>

### 3.6.3.3.Resultados de las propiedades del concreto en estado fresco

**Tabla 21**

*Asentamiento del concreto*

Tanda	$f'c=280$	$f'c=300$	$f'c=320$
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>ASENTAMIENTO DEL CONO DE ABRAMS (cm)</b>			
Nº1	7.7	7.2	6.8
Nº2	8.0	7.6	6.3
Nº3	7.9	7.4	6.7
Nº4	8.3	7.9	6.9
Nº5	9.0	7.9	7.0
Nº6	7.8	7.8	6.5
PROMEDIO	8.1	7.6	6.7

### 3.6.3.4. Resultados de las propiedades mecánicas del concreto

#### a. RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

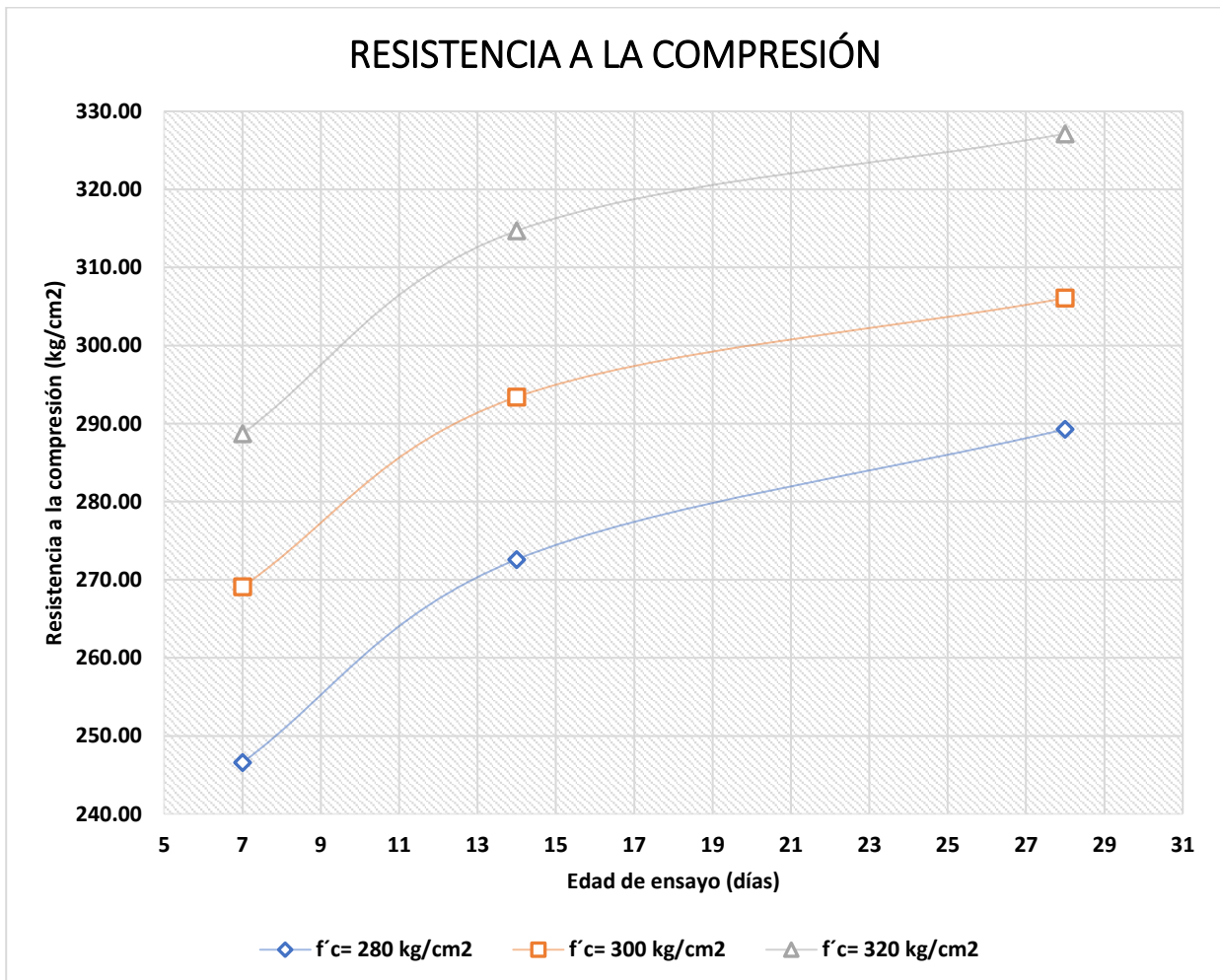
Tabla 22

Resistencias a la compresión de los diferentes diseños de mezcla a diferentes edades.

DÍAS	$f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$	$f'c= 300 \text{ kg/cm}^2$	$f'c= 320 \text{ kg/cm}^2$
7	246.57	269.08	288.71
14	272.60	293.41	314.69
28	289.28	306.07	327.12

Figura 4

Resistencias a compresión promedio de los diferentes diseños de mezcla a 7, 14 y 28 días en probetas cilíndricas



## b. RESISTENCIAS A LA FLEXIÓN

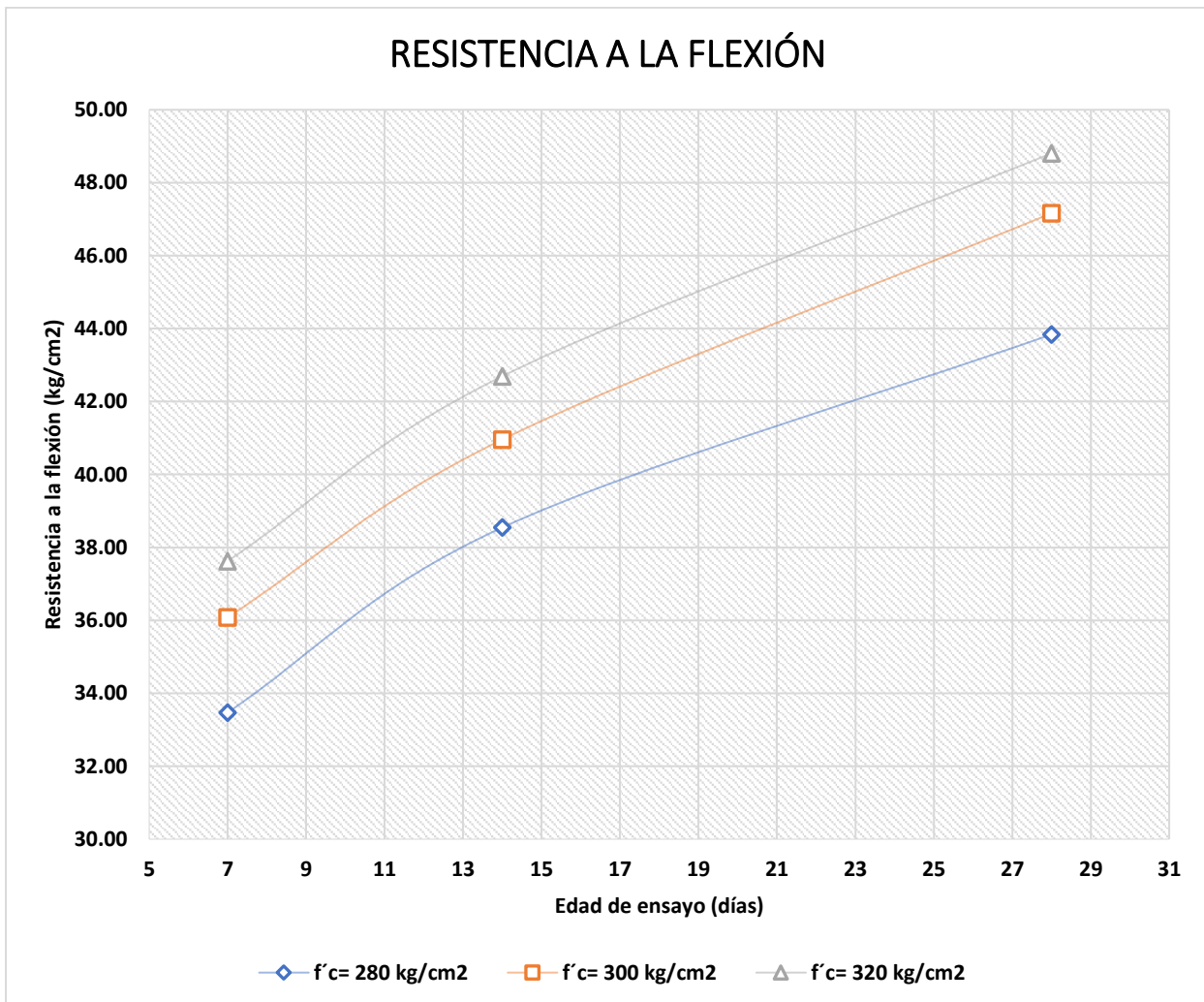
Tabla 23

Resistencias a la flexión de los diferentes diseños de mezcla a diferentes edades.

DÍAS	$f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$	$f'c= 300 \text{ kg/cm}^2$	$f'c= 320 \text{ kg/cm}^2$
7	33.47	36.08	37.63
14	38.55	40.96	42.69
28	43.84	47.16	48.81

Figura 5

Resistencia a flexión promedio de los diferentes diseños de mezcla a 7, 14 y 28 días en probetas prismáticas



### 3.6.3.5. Resultados de la correlación entre la resistencia a la compresión y el módulo de rotura a la flexión.

#### a. Correlación por el coeficiente de Pearson.

**Tabla 24**

*Análisis estadístico correlación de Pearson*

<i>Correlaciones</i>			
		<i>Resistencia a la compresión <math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Módulo de rotura (Mr) a la flexión(kg/cm<sup>2</sup>)</i>
<i>Resistencia a la compresión <math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	<i>1</i>	<i>.878**</i>
	<i>Sig. (bilateral)</i>		<i>&lt;.001</i>
	<i>N</i>	<i>36</i>	<i>36</i>
<i>Módulo de rotura (Mr) a la flexión(kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	<i>.878**</i>	<i>1</i>
	<i>Sig. (bilateral)</i>	<i>&lt;.001</i>	
	<i>N</i>	<i>36</i>	<i>36</i>

*\*\*.* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

- El análisis estadístico por medio del programa SPSS, a través del coeficiente de correlación de Pearson da una significancia bilateral menor al 5%, afirmando que existe correlación entre ambas variables (resistencias).
- En el análisis estadístico también nos da una correlación de Pearson de 0.878 o 87.8% siendo mayor a 0.7 o 70%, indicando que hay una correlación fuerte entre las variables.



**b. Coeficientes de correlación entre resistencias por el método ACI.**

**Tabla 25**

*Contrastación de resultados – correlación entre resistencias.*

<i>Diseño de mezcla</i>	<i>EDAD (días)</i>	<i>Resistencia a la compresión <math>f'c</math> promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Módulo de rotura (Mr) a la flexión promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Ecuación de correlación dada por el ACI</i>
				$Mr = K * (f'c)^{1/2}$
$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	28	289.28	43.84	$Mr = 2.58 * (f'c)^{1/2}$
$f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$	28	306.07	47.16	$Mr = 2.70 * (f'c)^{1/2}$
$f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$	28	327.12	48.81	$Mr = 2.70 * (f'c)^{1/2}$

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Análisis de resultados

#### 4.1.1. Propiedades de los agregados

Estos resultados son obtenidos de los ensayos realizados para cada propiedad de los agregados. (Tabla 17)

- El análisis de distribución granulométrica de los agregados cumple con los usos según la normativa NTP400.037 indicando una buena gradación por parte de ambos agregados obteniendo módulos de finura de 2.65 para el agregado fino y 6.74 para el agregado grueso ajustándose a los rangos establecidos que para un módulo de finura del agregado fino debe estar entre 2.3 y 3.1 y un módulo de finura entre 6.0 y 8.0 para el agregado grueso.
- Los pesos específicos de los agregados son de  $2.52 \text{ gr/cm}^3$  para el agregado fino y  $2.62 \text{ gr/cm}^3$  para el agregado grueso cumpliendo con el rango establecido entre 2.4 y 2.9  $\text{gr/cm}^3$  por la NTP 400.017.
- La absorción del agregado fino es de 1.9%, la absorción del agregado grueso es de 0.26%, cumpliéndose con la normativa que regula un rango de entre 0.2% y 3.5%.
- El peso unitario suelto del agregado fino es de  $1606.02 \text{ kg/m}^3$  y  $1489.75 \text{ kg/m}^3$  para el agregado grueso, cumpliendo con los rangos permisibles que están entre 1350 a  $1680 \text{ kg/m}^3$ .
- El peso unitario varillado del agregado fino es de  $1753.87 \text{ kg/m}^3$  y  $1633.04 \text{ kg/m}^3$  del agregado grueso, cumpliendo con los rangos permisibles de 1550 a  $1760 \text{ kg/m}^3$  para el agregado fino y de 1450 a  $1760 \text{ kg/m}^3$  para el agregado grueso.

- El contenido de humedad de ambos agregados cumple con la normativa que establece un máximo de 8% para el caso del agregado fino y hasta un 4% para el caso del agregado grueso, obteniéndose como resultados el 7.01% para el agregado fino y 0.89% para el agregado grueso.

#### **4.1.2. Diseño de mezcla**

Se realizó tres diseños de mezcla para resistencias de  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ ,  $f'c=300\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=320\text{kg/cm}^2$ , por el método “Módulo de fineza de la combinación de los agregados”, dando proporciones de materiales para el concreto por cada diseño, resultando mas cemento y agregado grueso al incrementar la resistencia. Esto se aprecia en las Tablas 18, 19 y 20.

#### **4.1.3. Resistencia a compresión**

Los resultados obtenidos de este ensayo se presentan en la Tabla 22 indicando las resistencias para los tres diseños de mezcla de 280, 300 y 320  $\text{kg/cm}^2$ , siendo de 246.57  $\text{kg/cm}^2$ , 269.08  $\text{kg/cm}^2$ , 288.71  $\text{kg/cm}^2$  respectivamente a 7 días; 272.60  $\text{kg/cm}^2$ , 293.41  $\text{kg/cm}^2$ , 314.19  $\text{kg/cm}^2$  a 14 días, y 289.28  $\text{kg/cm}^2$ , 306.07  $\text{kg/cm}^2$ , 327.12  $\text{kg/cm}^2$  a 28 días; superando los diseños de mezcla realizados.

#### **4.1.4. Resistencia a la flexión**

Los resultados de este ensayo se presentan en la tabla N°23 indicando las resistencias para los tres diseños de mezcla de 280, 300 y 320  $\text{kg/cm}^2$ , siendo estos de 33.47  $\text{kg/cm}^2$ , 36.08  $\text{kg/cm}^2$ , 37.63  $\text{kg/cm}^2$  para los tres diseños de mezcla respectivamente a 7 días, 38.55  $\text{kg/cm}^2$ , 40.96  $\text{kg/cm}^2$ , 42.69  $\text{kg/cm}^2$  a 14 días, y 43.84  $\text{kg/cm}^2$ , 47.16  $\text{kg/cm}^2$ , 48.81  $\text{kg/cm}^2$  a 28 días. Se mostró un aumento de resistencia acorde a la edad ensayo y se cumplió con la normativa superando un mínimo de 40  $\text{kg/cm}^2$ .

#### 4.2. Discusión de resultados contrastados con la hipótesis

- El análisis estadístico de los datos con el coeficiente de correlación de Pearson por medio del programa SPSS nos indica la correlación y la magnitud de esta, siendo 0.878 una correlación entre las variables fuerte por ser mayor a 0.7.
- Los coeficientes de correlación obtenidos fueron  $M_r = 2.58 * (f'c)^{1/2}$  para el diseño de mezcla  $280 \text{ kg/cm}^2$ , y  $M_r = 2.70 * (f'c)^{1/2}$  para los diseños de mezcla  $300 \text{ kg/cm}^2$  y  $320 \text{ kg/cm}^2$ .
- Se valida la hipótesis de investigación por que los coeficientes aumentan en valor al incrementar la resistencia del concreto.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Las propiedades físicas de los agregados del río Cajamarquino de la cantera “Rumicucho” cumplen con las exigencias de la normativa NTP para ser utilizados en concretos y construir pavimentos rígidos.
- Las resistencias a la compresión del concreto superan a los diseños de mezcla realizados siendo estas  $289.28 \text{ kg/cm}^2$ ,  $306.07 \text{ kg/cm}^2$  y  $327.12 \text{ kg/cm}^2$  para los diseños 280, 300 y  $320 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.
- El Módulo de rotura a la flexión del concreto superó los  $40 \text{ kg/cm}^2$  establecida por la norma siendo estas resistencias 43.88, 47.05 y  $48.76 \text{ kg/cm}^2$ .
- La correlación entre la resistencia a la compresión y el módulo de rotura a la flexión del concreto elaborado con agregados del río Cajamarquino es  $\mathbf{Mr=2.58* (f'c)^{1/2}}$  para el diseño de mezcla  $280 \text{ kg/cm}^2$  y  $\mathbf{Mr=2.70* (f'c)^{1/2}}$  para los diseños de mezcla  $300$  y  $320 \text{ kg/cm}^2$ , siendo directamente proporcionales, aumentando el módulo de rotura al incrementar la resistencia a la compresión del concreto.

### 5.2. Recomendaciones

- Realizar estudios con diseños de mezcla diferentes para otras resistencias a las estudiadas y determinar qué coeficientes de correlación consiguen.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2009). Tecnología del concreto. Lima, Lima, Perú: San Marcos E.I.R.L.
- Abanto, F. (1994). Tecnología del Concreto. Lima, Perú. Lima, Perú: San Marcos Editores.
- Aguirre Aguilar, A. T., & Vargas Acuña, R. (2021). CORRELACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO USANDO DIFERENTES TIPOS DE AGREGADO GRUESO Y RELACIONES AGUA/CEMENTO, TRUJILLO, 2021. Universidad Privada del Norte, Trujillo.
- Castro Pacheco, J. A., & Vera Castillo, M. J. (2017). INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS DEL SECTOR EL MILAGRO - HUANCHACO EN UN DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, TRUJILLO 2017 (tesis para optar título profesional). Trujillo, Perú.
- Crespo Crespo, J. E. (2018). "Estudio de la correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del hormigón hidráulico de cemento portland, empleando cementos y áridos comunes de la ciudad de cuenca". UNIVERSIDAD DE CUENCA, CUENCA, ECUADOR.
- Cubas Pérez, C., & Tafur Campos, N. (2019). Correlación entre el esfuerzo de compresión y el módulo de rotura en concretos autocompactantes, utilizando agregados de las canteras Tres Tomas y La Victoria de la región Lambayeque y su aplicación en pavimentos rígidos. UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO", Perú.
- Gamero, O. (2008). Análisis comparativo del comportamiento del concreto simple con el concreto reforzado con fibras de acero wirand. (Tesis de pregrado, 2008). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- GARCIA CALDERON, J. A. (2010). Determinación de la correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto (caso Prevesa). Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia. Bucaramanga, Colombia.

ICG. (2013). MANUAL DE LA CONSTRUCCIÓN. Lima, Perú.

Maluf Amarilla, E. M., & Pistilli Barboza, M. N. (2019). Estudio sobre la correlación entre las resistencias a la compresión simple y a la flexotracción en hormigones utilizados en pavimentos rígidos. Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”, Paraguay.

Muciño Vélez, A., & Ana Lozada, P. S. (2019). DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO. Universidad Nacional Autónoma de México(UNAM), MÉXICO.

Muñoz, J., & Rivas, E. (2003). Correlación entre pruebas destructivas y no destructivas para medir propiedades mecánicas del concreto hidráulico. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Niño Hernandez, J. (2010). Tecnología del concreto (Vol. I). Colombia.

PAJARES PORTAL, A. P. (2024). INFLUENCIA DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$  / USANDO LA CANTERA DE PURUAY, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.

Quispe Altamirano, M., & Quispe Yuca, W. (2021). ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE EL MÓDULO DE ROTURA Y EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN AXIAL PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS CON AGREGADOS DE LAS CANTERAS DE HUILLQUE, HUAMBUTIO Y PISAC – 2017. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO.

Rivva, E. (2000). Naturaleza y materiales del concreto. ACI-Perú. Lima, Lima, Perú.

Sánchez de Guzmán, D. (2016). Tecnología del concreto y del mortero. Santafé de Bogotá, D.C, COLOMBIA: BHANDAR EDITORES LTDA.

Vega, D. (2018). Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (km 1+000 a 2+000). Pontificia Universidad Católica del Perú.

NTP 400.037. (2015). AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto (3ra Edición ed.). Lima, Peru: INACAL.

NTP 339.034. (2015). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

NTP 339.183. (2013). Método de ensayo normalizado para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio.

NTP 339.078. (2022). CONCRETO. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre apoyos. Método de ensayo. 4ª Edición.



ANEXOS

ANEXO N°1: TABLAS DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL PARA LA ESTIMACIÓN DE P

TABLA A: Probabilidades de la normal estándar (cont.)										
z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

**ANEXO N°2: PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DEL RÍO CAJAMARQUINO DE LA CANTERA “RUMICUCHO”**

2.1. **AGREGADO GRUESO.** A continuación, se detallan las propiedades del agregado grueso:

- **Peso específico del agua**

**Tabla 26**

*Peso específico del agua (AG)*

Descripción	Valor
peso de la fiola	173 gr
peso de la fiola+ 500ml de agua	672 gr
volumen de la fiola	500 cm <sup>3</sup>
peso específico del agua	998 kg/m <sup>3</sup>

- **Peso unitario suelto del agregado**

**Tabla 27**

*Peso unitario suelto del agregado grueso*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso del recipiente	7.134 kg	7.134 kg	7.134 kg
Peso del recipiente + muestra suelta	17.265 kg	17.260 kg	17.268 kg
Peso de muestra suelta	10.131 kg	10.126 kg	10.134 kg
volumen del recipiente en (m <sup>3</sup> )	0.0068 m <sup>3</sup>	0.0068 m <sup>3</sup>	0.0068 m <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1489.85 kg/m <sup>3</sup>	1489.12 kg/m <sup>3</sup>	1490.29 kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso unitario suelto promedio</b>	<b>1489.75 kg/m<sup>3</sup></b>		

- **Peso unitario compactado del agregado**

**Tabla 28**

*Peso unitario compactado del agregado grueso*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso del recipiente	7.134 kg	7.134 kg	7.134 kg
Peso del recipiente + muestra compactada	18.243 kg	18.238 kg	18.235 kg
Peso de muestra compactada	11.109 kg	11.104 kg	11.101 kg
volumen del recipiente en (m <sup>3</sup> )	0.0068 m <sup>3</sup>	0.0068 m <sup>3</sup>	0.0068 m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1633.68	1632.94	1632.50
<b>Peso unitario compactado promedio</b>	<b>1633.04 kg/m<sup>3</sup></b>		

- **Peso específico de masa**

**Tabla 29**

*Peso específico de masa del agregado grueso*

<b>MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
Peso de muestra SSS	4.279 kg	4.282 kg	4.280 kg
Peso de canastilla sumergida	2.944 kg	2.944 kg	2.944 kg
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	5.594 kg	5.597 kg	5.595 kg
Peso de la muestra sumergida en el agua	2.650 kg	2.653 kg	2.651 kg
Peso de la muestra secada al horno	4.267 kg	4.272 kg	4.269 kg
<b>Peso específico de masa</b>	2.62 gr/cm <sup>3</sup>	2.62 gr/cm <sup>3</sup>	2.62 gr/cm <sup>3</sup>
	<b>2.62 gr/cm<sup>3</sup></b>		
<b>Peso específico de masa SSS</b>	2.63 gr/cm <sup>3</sup>	2.63 gr/cm <sup>3</sup>	2.63 gr/cm <sup>3</sup>
	<b>2.63 gr/cm<sup>3</sup></b>		
<b>Peso específico aparente</b>	2.64 gr/cm <sup>3</sup>	2.64 gr/cm <sup>3</sup>	2.64 gr/cm <sup>3</sup>
	<b>2.64 gr/cm<sup>3</sup></b>		
<b>Absorción</b>	0.28%	0.23%	0.26%
	<b>0.26%</b>		

- **Contenido de humedad del agregado**

**Tabla 30**

*contenido de humedad del agregado grueso*

<b>MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>
Peso del recipiente	133.00 gr	137.00 gr
Peso del recipiente + muestra húmeda	3829.00 gr	4007.00 gr
Peso del recipiente + muestra seca	3796.00 gr	3973.00 gr
contenido de humedad	0.90 %	0.89 %
<b>Contenido de humedad promedio</b>	<b>0.89 %</b>	

- **Análisis granulométrico-ensayo N°1, N°2 y N°3**

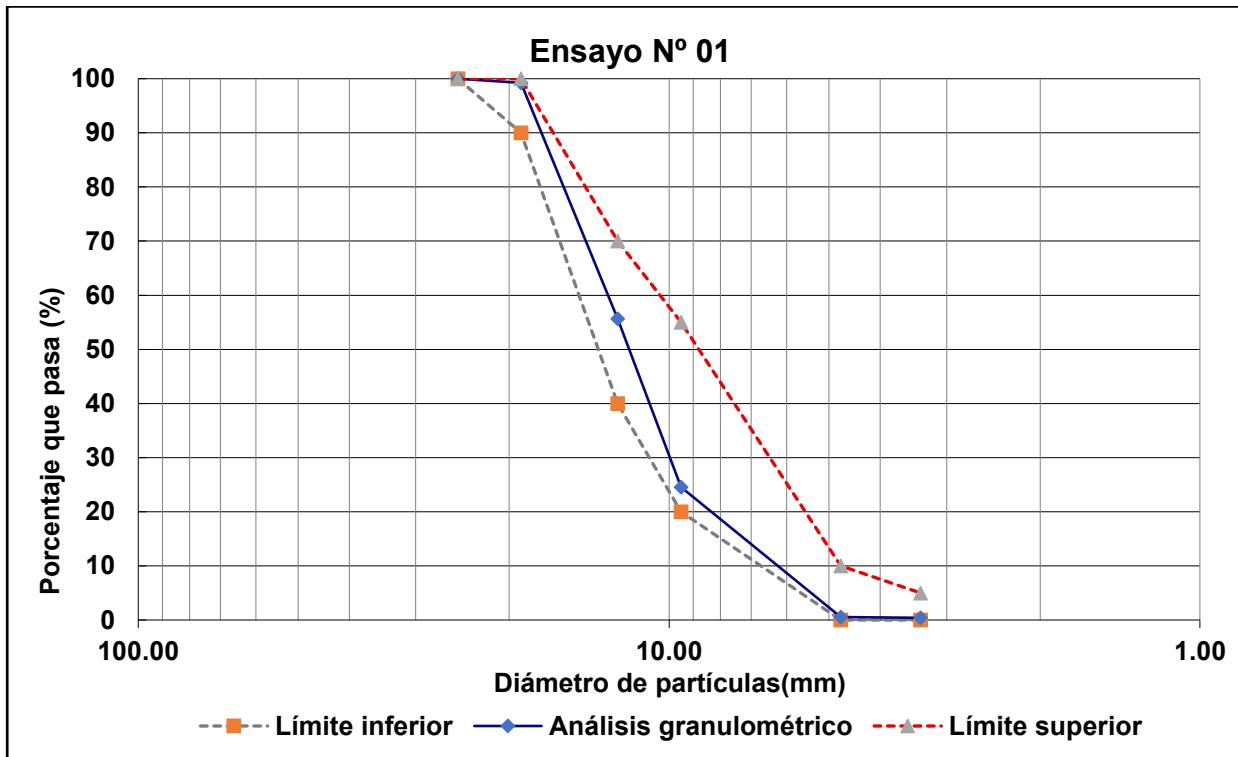
**Tabla 31**

*Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°01 (NTP 400.012)*

Abertura Malla		Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.- Num	mm.				
Peso muestra seca después del lavado en (gr)					5450
3/4"	19.05	40.0	0.73	0.73	99.27
1/2"	12.50	2,386.0	43.62	44.35	55.65
3/8"	9.53	1,700.0	31.08	75.43	24.57
N° 04	4.76	1,316.0	24.06	99.48	0.52
N° 08	3.36	6.0	0.110	99.594	0.406
N° 16	1.19	0.7	0.013	99.607	0.393
N° 30	0.60	0.6	0.011	99.618	0.382
N° 50	0.30	0.4	0.007	99.625	0.375
N° 100	0.15	0.2	0.004	99.629	0.371
N° 200	0.07	0.1	0.002	99.631	0.369
Bandeja	-	20.2	0.37	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>5470.20</b>			
<b>Módulo de fineza=</b>					<b>6.74</b>

**Figura 6**

*Curva de distribución granulométrica para el agregado grueso, y un uso "67"-ensayo N°1: NTP 400.037(2014)*



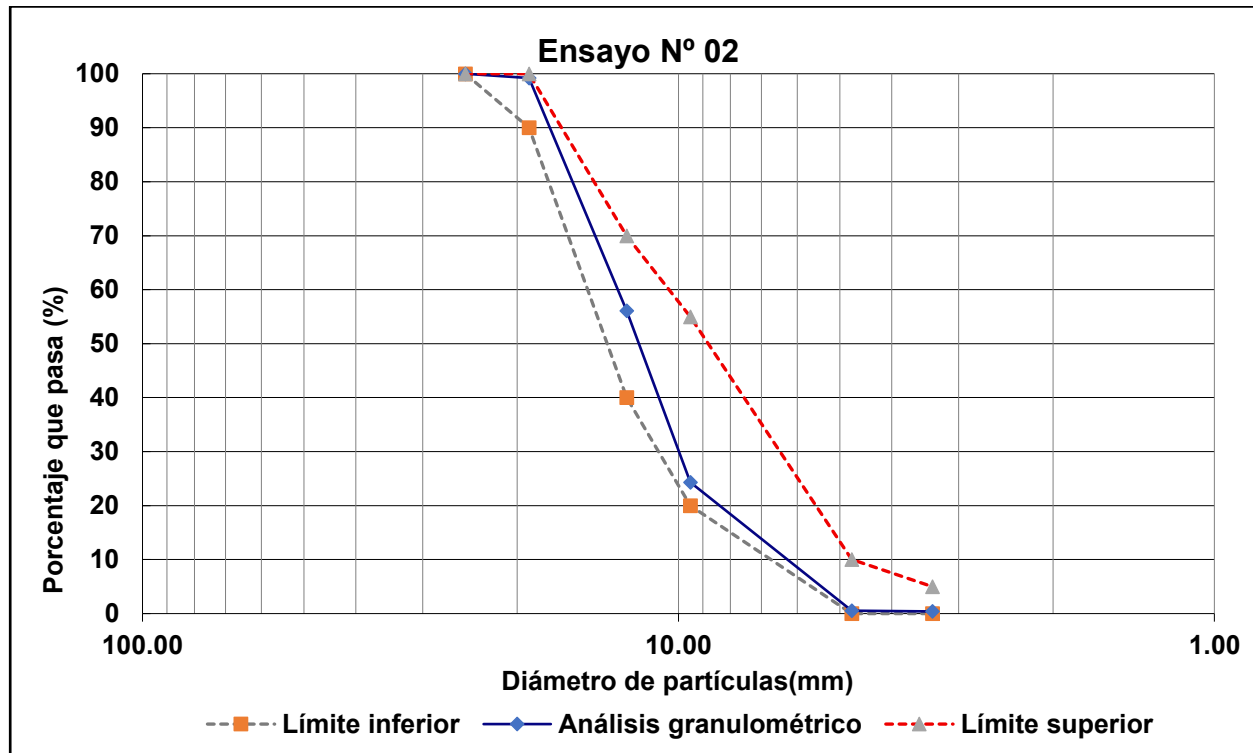
**Tabla 32**

*Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°02 (NTP 400.012)*

Abertura Malla		Peso muestra seca después del lavado en (gr)				
Pulg.- Num	mm.	Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	
3/4"	19.05	43.0	0.79	0.79	99.21	
1/2"	12.50	2,356.0	43.12	43.91	56.09	
3/8"	9.53	1,736.0	31.77	75.68	24.32	
N° 04	4.76	1,300.0	23.79	99.47	0.53	
N° 08	3.36	7.00	0.128	99.601	0.40	
N° 16	1.19	0.80	0.015	99.616	0.38	
N° 30	0.60	0.60	0.011	99.627	0.37	
N° 50	0.30	0.40	0.007	99.634	0.37	
N° 100	0.15	0.10	0.002	99.636	0.36	
N° 200	0.07	0.10	0.002	99.638	0.36	
Bandeja	-	19.8	0.36	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>		<b>5463.80</b>				
		<b>Módulo de fineza=</b>			<b>6.74</b>	

**Figura 7**

*Curva de distribución granulométrica para el agregado grueso, y un uso "67"-ensayo N°2: NTP 400.037(2014)*



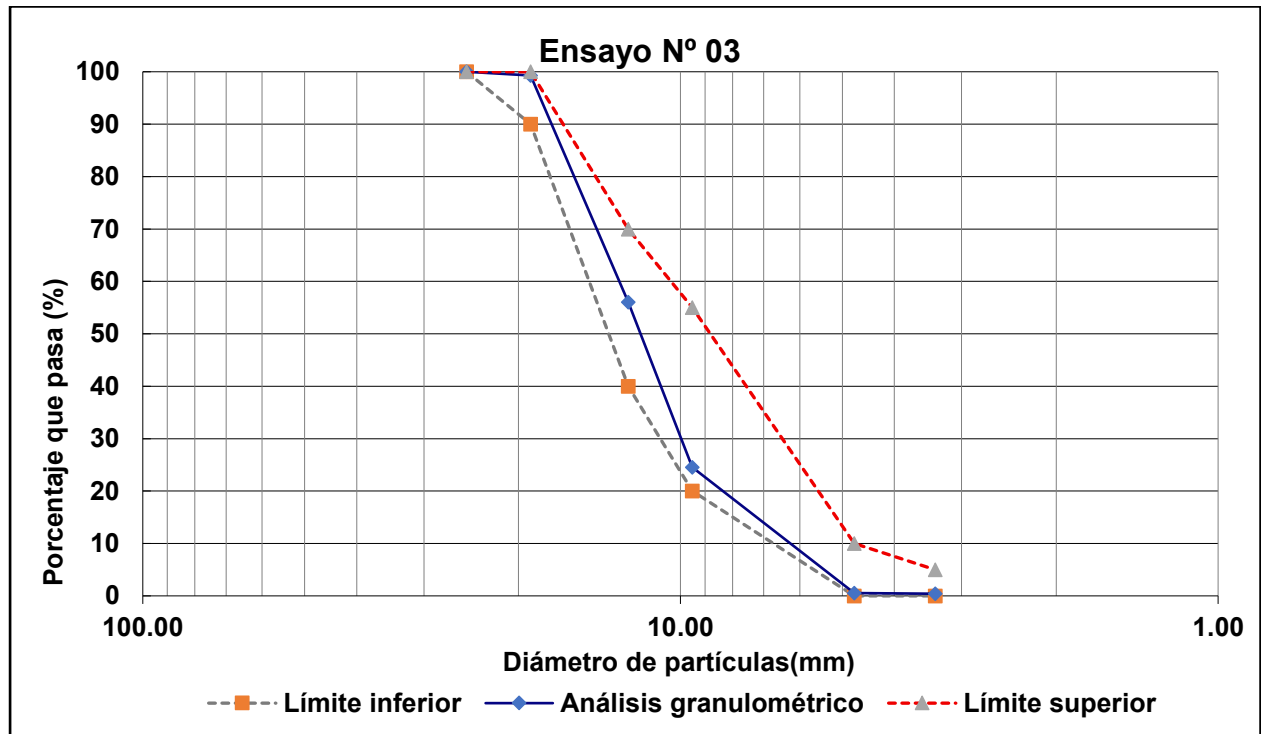
**Tabla 33**

*Análisis granulométrico del agregado grueso - Ensayo N°03 (NTP 400.012)*

Abertura Malla		Peso muestra seca después del lavado en (gr)				
Pulg.- Num	mm.	Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	
3/4"	19.05	38.0	0.69	0.69	99.31	
1/2"	12.50	2,368.0	43.26	43.95	56.05	
3/8"	9.53	1,726.0	31.53	75.48	24.52	
N° 04	4.76	1,312.0	23.97	99.44	0.56	
N° 08	3.36	8.0	0.146	99.589	0.411	
N° 16	1.19	0.6	0.011	99.600	0.400	
N° 30	0.60	0.7	0.013	99.613	0.387	
N° 50	0.30	0.5	0.009	99.622	0.378	
N° 100	0.15	0.1	0.002	99.624	0.376	
N° 200	0.07	0.1	0.002	99.626	0.374	
Bandeja	-	20.5	0.37	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>		<b>5474.50</b>				
		<b>Módulo de fineza=</b>			<b>6.74</b>	

**Figura 8**

*Curva de distribución granulométrica para el agregado grueso, y un uso "67"-ensayo N°3: NTP 400.037(2014)*



- **Material fino pasante por el tamiz N° 200-por lavado**

**Tabla 34**

*Material fino que pasa la malla N°200(por lavado) del agregado grueso de acuerdo con la (NTP 400.018)*

MUESTRA	M1	M2
Peso de la muestra original	3433.00 gr	3445.00 gr
peso de la muestra después del lavado	3421.00 gr	3432.00 gr
peso del material que pasa la malla N° 200	12.00 gr	13.00 gr
Material más fino que pasa la malla N°200	0.35%	0.38%
<b>Material más fino que pasa la malla N°200 promedio</b>		<b>0.36%</b>

- **Abrasión del agregado grueso por la máquina de los Ángeles.**

**Tabla 35**

*Abrasión por la máquina de los Ángeles NTP 400.019*

<b>ABRASIÓN</b>							
	Gradación	N° Esferas	Masa de la carga				
	B	11	4584 ± 25				
P1 =	Peso inicial						
P2 =	Peso final						
				$A = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} * 100$			
P1=	5004	g	5006	g	5008	g	
P2=	3966	g	3857	g	3894	g	
Porcentaje de desgaste(%) A =							
	20.74%		22.95%		22.24%		
PROMEDIO =							
	21.98%		<b>CONFIRMADO!!</b>				

2.2.AGREGADO FINO. A continuación, se detallan las propiedades físicas del agregado fino:

- **Peso unitario suelto del agregado**

**Tabla 36**

*Peso unitario suelto del agregado fino*

<b>MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
Peso del recipiente	3.868 kg	3.868 kg	3.868 kg
Peso del recipiente + muestra suelta	8.848 kg	8.840 kg	8.852 kg
Peso de muestra suelta	4.980 kg	4.972 kg	4.984 kg
volumen del recipiente en (m <sup>3</sup> )	0.0031 m <sup>3</sup>	0.0031 m <sup>3</sup>	0.0031 m <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1606.45 kg/m <sup>3</sup>	1603.87 kg/m <sup>3</sup>	1607.74 kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso unitario suelto promedio</b>	<b>1606.02 kg/m<sup>3</sup></b>		

- **Peso unitario compactado del agregado**

**Tabla 37**

*Peso unitario compactado del agregado fino*

<b>MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
Peso del recipiente	3.868 kg	3.868 kg	3.868 kg
Peso del recipiente + muestra compactada	9.301 kg	9.306 kg	9.308 kg
Peso de muestra compactada	5.433 kg	5.438 kg	5.440 kg
volumen del recipiente en (m <sup>3</sup> )	0.0031 m <sup>3</sup>	0.0031 m <sup>3</sup>	0.0031 m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1752.58 kg/m <sup>3</sup>	1754.19 kg/m <sup>3</sup>	1754.84 kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso unitario compactado promedio</b>	<b>1753.87 kg/m<sup>3</sup></b>		



- **Peso específico de masa**

**Tabla 38**

*Peso específico de masa del agregado fino*

<b>MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
Peso de muestra SSS	500.00 gr	500.00 gr	500.00 gr
Peso de la fiola	173.00 gr	173.00 gr	173.00 gr
Peso de la fiola+ agua hasta los 500cm <sup>3</sup>	672.00 gr	672.00 gr	672.00 gr
Peso de la fiola+ agua + muestra	978.00 gr	979.00 gr	978.00 gr
Peso de la muestra secada al horno	490.00 gr	491.00 gr	491.00 gr
volumen de agua añadida al frasco	306.00 gr	305.00 gr	305.00 gr
<b>Peso específico de masa</b>	2.53 gr/cm <sup>3</sup>	2.52 gr/cm <sup>3</sup>	2.52 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>2.52 gr/cm<sup>3</sup></b>	
<b>Peso específico de masa SSS</b>	2.58 gr/cm <sup>3</sup>	2.56 gr/cm <sup>3</sup>	2.56 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>2.57 gr/cm<sup>3</sup></b>	
<b>Peso específico aparente</b>	2.66 gr/cm <sup>3</sup>	2.64 gr/cm <sup>3</sup>	2.64 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>2.65 gr/cm<sup>3</sup></b>	
<b>Absorción</b>	2.04%	1.83%	1.83%
		<b>1.90%</b>	

- **Contenido de humedad del agregado**

**Tabla 39**

*Contenido de humedad del agregado fino*

<b>MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
Peso del recipiente	57.00 gr	55.00 gr	55.00 gr
Peso del recipiente + muestra húmeda	567.00 gr	552.00 gr	560.00 gr
Peso del recipiente + muestra seca	534.00 gr	519.00 gr	527.00 gr
contenido de humedad	6.92 %	7.11 %	6.99 %
<b>Contenido de humedad promedio</b>		<b>7.01 %</b>	

- **Análisis granulométrico-ensayo N°1, N°2 y N°3**

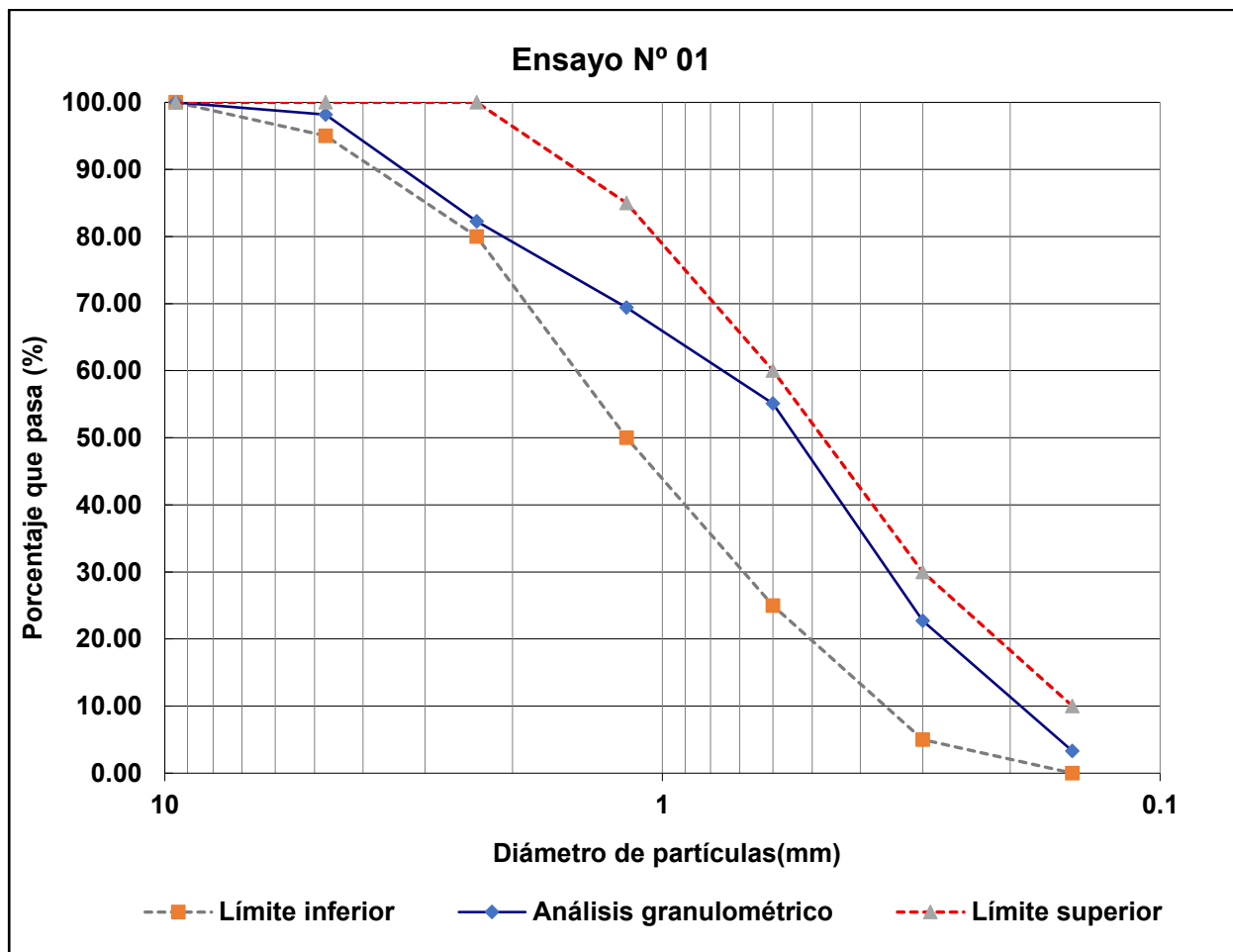
**Tabla 40**

*Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°01 (NTP 400.012)*

Abertura Malla		Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Num	mm.				
N° 04	4.76	11.0	1.81	1.81	98.19
N° 08	3.36	97.0	15.95	17.76	82.24
N° 16	1.19	78.0	12.83	30.59	69.41
N° 30	0.60	87.0	14.31	44.90	55.10
N° 50	0.30	197.0	32.40	77.30	22.70
N° 100	0.15	118.0	19.41	96.71	3.29
N° 200	0.07	4.0	0.66	97.37	2.63
Bandeja	-	16.0	2.63	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>608.00</b>			
<b>Módulo de fineza=</b>					<b>2.69</b>

**Figura 9**

*Curva de distribución granulométrica para el agregado fino-ensayo N°1: NTP 400.037(2014)*



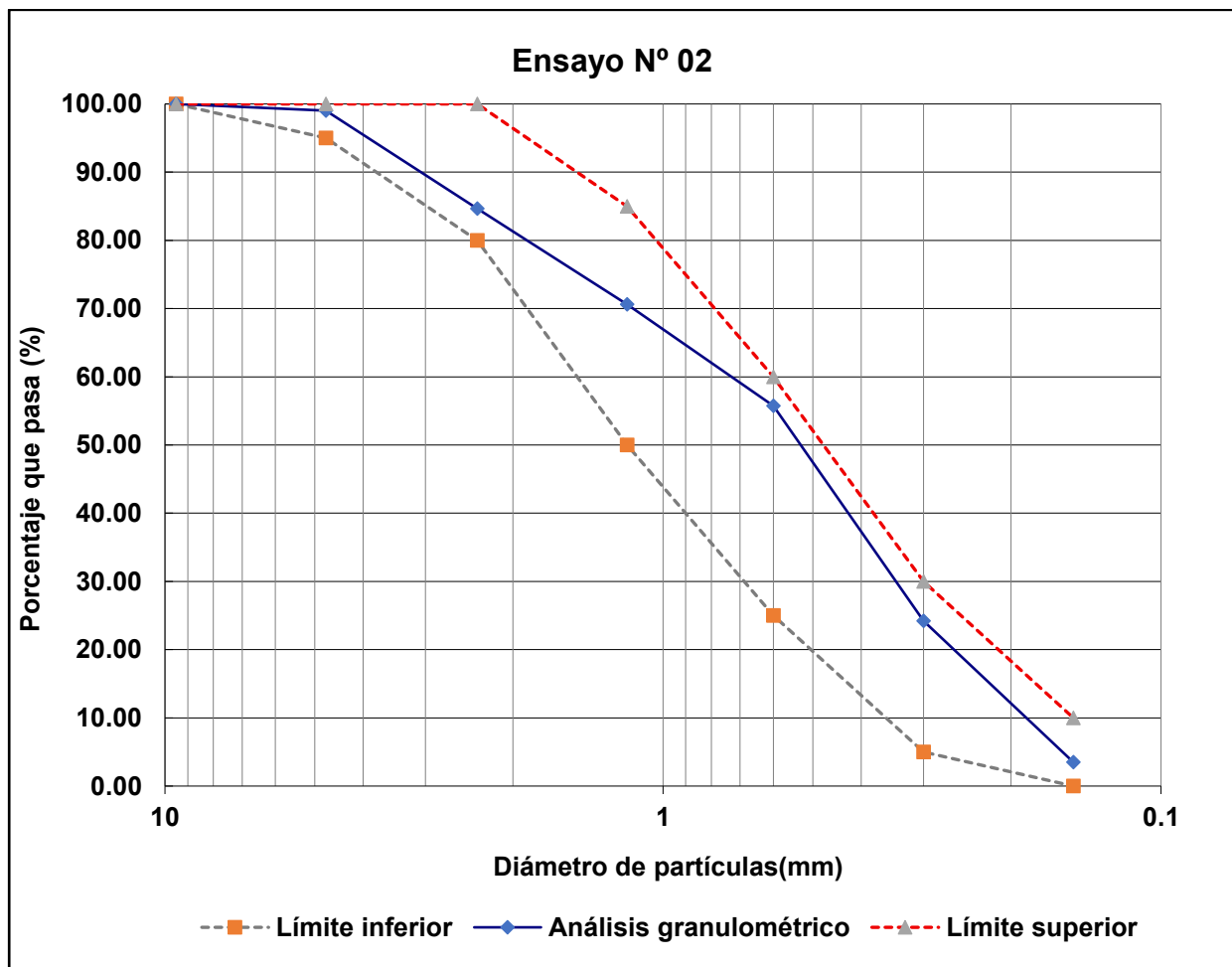
**Tabla 41**

*Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°02 (NTP 400.012)*

Abertura Malla		Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Num	mm.				
N° 04	4.76	6.0	1.00	1.00	99.00
N° 08	3.36	86.0	14.36	15.36	84.64
N° 16	1.19	84.0	14.02	29.38	70.62
N° 30	0.60	89.0	14.86	44.24	55.76
N° 50	0.30	189.0	31.55	75.79	24.21
N° 100	0.15	124.0	20.70	96.49	3.51
N° 200	0.07	6.0	1.00	97.50	2.50
Bandeja	-	15.0	2.50	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>599.00</b>			
<b>Módulo de fineza=</b>					<b>2.62</b>

**Figura 10**

*Curva de distribución granulométrica para el agregado fino-ensayo N°2: NTP 400.037(2014)*



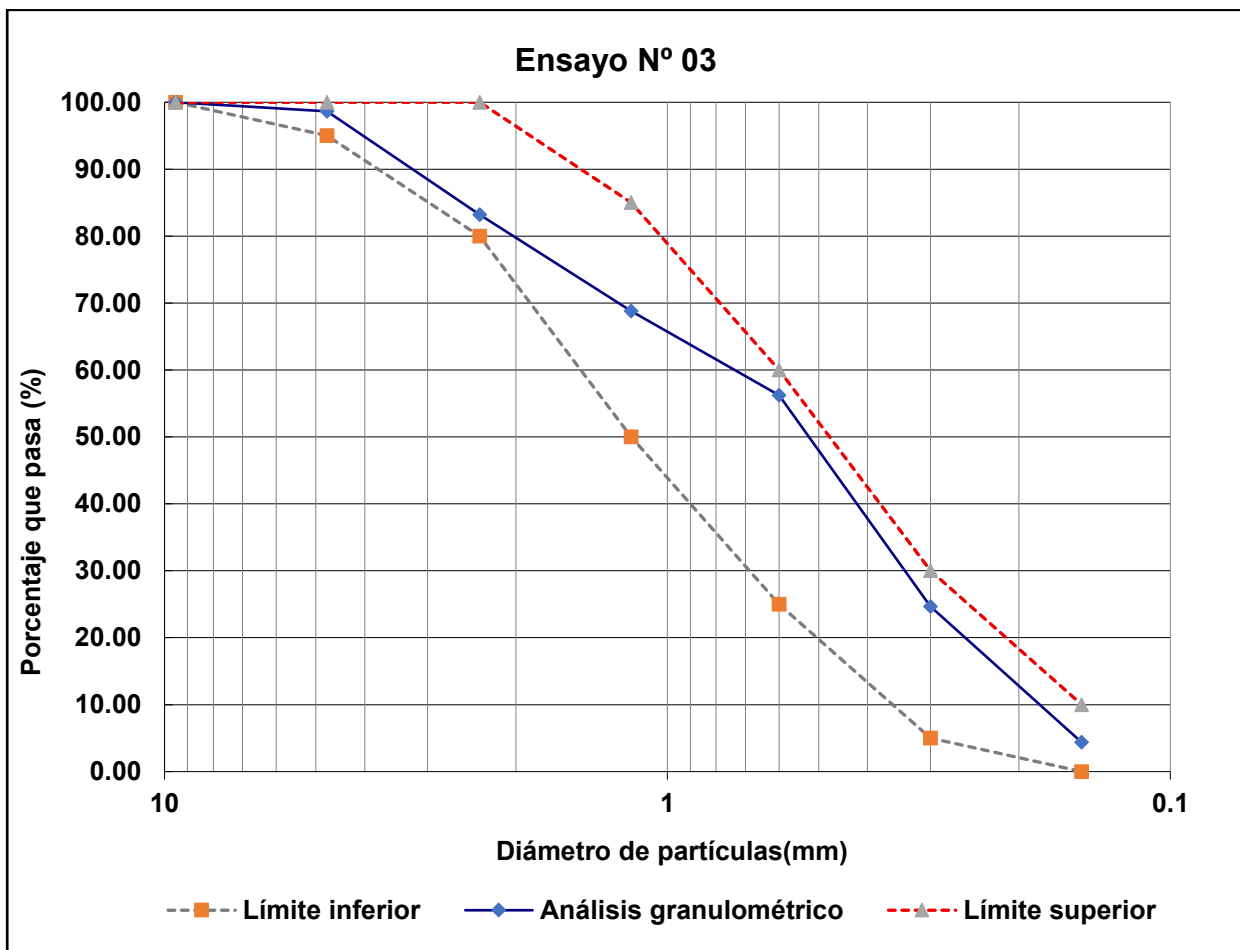
**Tabla 42**

*Análisis granulométrico del agregado fino - Ensayo N°03 (NTP 400.012)*

Abertura Malla		Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
Pulg.- Num	mm.				
N° 04	4.76	8.0	1.34	1.34	98.66
N° 08	3.36	92.0	15.44	16.78	83.22
N° 16	1.19	86.0	14.43	31.21	68.79
N° 30	0.60	75.0	12.58	43.79	56.21
N° 50	0.30	188.0	31.54	75.34	24.66
N° 100	0.15	121.0	20.30	95.64	4.36
N° 200	0.07	11.0	1.85	97.48	2.52
Bandeja	-	15.0	2.52	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>596.00</b>			
<b>Módulo de fineza=</b>					<b>2.64</b>

**Figura 11**

*Curva de distribución granulométrica para el agregado fino-ensayo N°3: NTP 400.037(2014)*



- **Material fino pasante por el tamiz N° 200-por lavado**

**Tabla 43**

*Material fino que pasa la malla N°200(por lavado) del agregado fino de acuerdo con la (NTP 400.018)*

MUESTRA	M1	M2
Peso de la muestra original	478.00 gr	497.00 gr
peso de la muestra después del lavado	465.00 gr	485.00 gr
peso del material que pasa la malla N° 200	13.00 gr	12.00 gr
Material más fino que pasa la malla N°200	2.72%	2.41%
<b>Material más fino que pasa la malla N°200 promedio</b>	<b>2.57%</b>	

**ANEXO N°3: DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL “MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS”**

**1. Diseño de mezcla para un  $f'c=280\text{kg/cm}^2$**

- a) Elección de asentamiento, agua, aire y relación agua cemento a/c para una resistencia de  $280\text{ kg/cm}^2$  y un tamaño máximo nominal del agregado grueso TMN 3/4":

Asentamiento = 3" - 4" : trabajabilidad media.

Agua =  $205\text{ lt/m}^3$  : para un TMN 3/4" y asentamiento 3" - 4".

Aire = 2.0% : para un TMN 3/4".

Relación a/c = 0.58 : para un  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ .

- b) Se calcula el factor cemento a partir de la relación a/c y las bolsas a utilizar por  $\text{m}^3$ :

$$F_c = \text{agua} (1/\text{m}^3) / \text{relación}(a/c) = 205/0.58 = 353.45\text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Bolsa de cemento} = 42.5\text{ kg}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de bolsas} = F_c/42.5\text{kg} = (353.45\text{ kg/ m}^3)/42.5\text{kg} = 8.32\text{ bolsas/ m}^3$$

- c) Se obtiene el volumen absoluto de la pasta y el volumen absoluto de los agregados:

- Para un peso específico de cemento de  $3.12\text{ g/cm}^3$  Pacasmayo tipo I.

$$\text{Cemento} = F_c / (3.12\text{ g/cm}^3) = 0.113\text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 0.205\text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 2\% = 0.02\text{ m}^3$$

$$\text{Agregados} = 1\text{ m}^3 - (\text{cemento} + \text{agua} + \text{aire}) = 0.662\text{ m}^3$$

- d) Se calcula el módulo de finura de la combinación de agregado a partir del tamaño máximo nominal TMN del agregado grueso y los módulos de finura por sacos de cemento:

- Para un TMN de 3/4" y módulos de finura de 5.11 para 8 bolsas y 5.19 para 9 bolsas que nos da la asociación del cemento portland PCA calculamos el módulo de finura por interpolación.

Bolsas                    módulo de finura por bolsas(mc)

8-----5.11

8.32-----mc

9-----5.19

Módulo de finura (mc) = 5.14

- e) Se calcula los porcentajes y volúmenes de los agregados para la mezcla:
- Se utiliza la fórmula del porcentaje del agregado fino con respecto al total de los agregados.

$m_f$ : módulo de finura del agregado fino

$m_g$ : módulo de finura del agregado grueso

$$\%_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} = \frac{6.74 - 5.14}{6.74 - 2.65} = 39.2 \%$$

$$\% Af = 39.2\%$$

$$\% Ag = 60.8\%$$

$$\text{Vol. Af} = 39.2\% * 0.662 \text{ m}^3 = 0.26 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Ag} = 60.8\% * 0.662 \text{ m}^3 = 0.40 \text{ m}^3$$

- f) Se determina los valores del diseño de mezcla:

$$\text{Peso seco del agregado fino} = 0.26 * (\text{peso específico de masa} = 2.52) = 653.95 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 0.40 * (\text{peso específico de masa} = 2.62) = 1054.54 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Cemento} = 353.45 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ lt/ m}^3$$

- g) Corrección de aporte del agua por el contenido de humedad

Aporte de humedad de los agregados:

$$\text{Humedad superficial (Hs) del Af: (contenido de humedad – absorción)} = 5.11\%$$

$$\text{Humedad superficial (Hs) del Ag: (contenido de humedad – absorción)} = 0.63\%$$

$$\text{Aporte de humedad (Ah) del Af: ( Hs * Peso seco)} = 33.42 \text{ lt/ m}^3$$

$$\text{Aporte de humedad (Ah) del Ag: ( Hs * Peso seco)} = 6.64 \text{ lt/ m}^3$$

$$\text{Aporte de los agregados} = 40.06 \text{ lt/ m}^3; \text{ agua efectiva} = 205 - 40.06 = 164.94 \text{ lt/ m}^3$$

$$\text{Pesos húmedos de los agregados} = (\text{contenido de humedad} * \text{peso seco}) + \text{peso seco}$$

$$\text{Peso húmedo del Af} = (7.01\% * 653.95) + 653.95 = 699.79 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Peso húmedo del Ag} = (0.89\% * 1054.54) + 1054.54 = 1063.92 \text{ kg/ m}^3$$

<i> Materiales de diseño corregidos </i>		
<i> Cemento = </i>	<i> 353.45 </i>	<i> kg/m<sup>3</sup> </i>
<i> Agua efectiva = </i>	<i> 164.94 </i>	<i> lt/m<sup>3</sup> </i>
<i> Agregado fino húmedo = </i>	<i> 699.79 </i>	<i> kg/m<sup>3</sup> </i>
<i> Agregado grueso húmedo = </i>	<i> 1063.92 </i>	<i> kg/m<sup>3</sup> </i>

## 2. Diseño de mezcla para un $f'c=300\text{kg/cm}^2$

- a) Elección de asentamiento, agua, aire y relación agua cemento a/c para una resistencia de  $300\text{ kg/cm}^2$  y un tamaño máximo nominal del agregado grueso TMN  $3/4"$ :

Asentamiento =  $3" - 4"$  : trabajabilidad media.

Agua =  $205\text{ lt/m}^3$  : para un TMN  $3/4"$  y asentamiento  $3" - 4"$ .

Aire =  $2.0\%$  : para un TMN  $3/4"$ .

Relación a/c =  $0.55$  : para un  $f'c=300\text{kg/cm}^2$ .

- b) Se calcula el factor cemento a partir de la relación a/c y las bolsas a utilizar por  $\text{m}^3$ :

$$F_c = \text{agua}(\text{l/m}^3) / \text{relación(a/c)} = 205/0.55 = 372.73\text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Bolsa de cemento} = 42.5\text{ kg}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de bolsas} = F_c/42.5\text{kg} = (372.73\text{ kg/ m}^3)/42.5\text{kg} = 8.77\text{ bolsas/ m}^3$$

- c) Se obtiene el volumen absoluto de la pasta y el volumen absoluto de los agregados:

- Para un peso específico de cemento de  $3.12\text{ g/cm}^3$  Pacasmayo tipo I.

$$\text{Cemento} = F_c / (3.12\text{ g/cm}^3) = 0.119\text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 0.205\text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 2\% = 0.02\text{ m}^3$$

$$\text{Agregados} = 1\text{ m}^3 - (\text{cemento} + \text{agua} + \text{aire}) = 0.656\text{ m}^3$$

- d) Se calcula el módulo de finura de la combinación de agregado a partir del tamaño máximo nominal TMN del agregado grueso y los módulos de finura por sacos de cemento:

- Para un TMN de  $3/4"$  y módulos de finura de 5.11 para 8 bolsas y 5.19 para 9 bolsas que nos da la asociación del cemento portland PCA calculamos el módulo de finura por interpolación.

Bolsas                    módulo de finura por bolsas(mc)

8-----5.11

8.77-----mc

9-----5.19

Módulo de finura (mc) = 5.17



- e) Se calcula los porcentajes y volúmenes de los agregados para la mezcla:
- Se utiliza la fórmula del porcentaje del agregado fino con respecto al total de los agregados.

$m_f$ : módulo de finura del agregado fino

$m_g$ : módulo de finura del agregado grueso

$$\%_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} = \frac{6.74 - 5.17}{6.74 - 2.65} = 39.2 \%$$

$$\% Af = 38.30\%$$

$$\% Ag = 61.70\%$$

$$\text{Vol. Af} = 38.3\% * 0.656 \text{ m}^3 = 0.25 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Ag} = 61.7\% * 0.656 \text{ m}^3 = 0.40 \text{ m}^3$$

- f) Se determina los valores del diseño de mezcla:

$$\text{Peso seco del agregado fino} = 0.25 * (\text{peso específico de masa} = 2.52) = 633.14 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 0.40 * (\text{peso específico de masa} = 2.62) = 1060.45 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Cemento} = 372.72 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ lt/ m}^3$$

- g) Corrección de aporte del agua por el contenido de humedad

Aporte de humedad de los agregados:

$$\text{Humedad superficial (Hs) del Af: (contenido de humedad – absorción)} = 5.11\%$$

$$\text{Humedad superficial (Hs) del Ag: (contenido de humedad – absorción)} = 0.63\%$$

$$\text{Aporte de humedad (Ah) del Af: ( Hs * Peso seco)} = 32.35 \text{ lt/ m}^3$$

$$\text{Aporte de humedad (Ah) del Ag: ( Hs * Peso seco)} = 6.68 \text{ lt/ m}^3$$

$$\text{Aporte de los agregados} = 39.03 \text{ lt/ m}^3; \text{ agua efectiva} = 205 - 39.03 = 165.97 \text{ lt/ m}^3$$

Pesos húmedos de los agregados= (contenido de humedad\* peso seco) + peso seco

$$\text{Peso húmedo del Af} = (7.01\% * 633.14) + 633.14 = 677.53 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Peso húmedo del Ag} = (0.89\% * 1060.45) + 1060.45 = 1069.89 \text{ kg/ m}^3$$

<i>Materiales de diseño corregidos</i>		
<i>Cemento =</i>	<i>372.73</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Agua efectiva =</i>	<i>165.97</i>	<i>lt/m<sup>3</sup></i>
<i>Agregado fino húmedo =</i>	<i>677.53</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Agregado grueso húmedo =</i>	<i>1069.89</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>

### 3. Diseño de mezcla para un $f'c=320\text{kg/cm}^2$

- a) Elección de asentamiento, agua, aire y relación agua cemento a/c para una resistencia de  $320 \text{ kg/cm}^2$  y un tamaño máximo nominal del agregado grueso TMN  $3/4"$ :

Asentamiento =  $3" - 4"$  : trabajabilidad media.

Agua =  $205 \text{ lt/m}^3$  : para un TMN  $3/4"$  y asentamiento  $3" - 4"$ .

Aire =  $2.0\%$  : para un TMN  $3/4"$ .

Relación a/c =  $0.52$  : para un  $f'c=320\text{kg/cm}^2$ .

- b) Se calcula el factor cemento a partir de la relación a/c y las bolsas a utilizar por  $\text{m}^3$ :

$$F_c = \text{agua} (1/\text{m}^3) / \text{relación}(a/c) = 205/0.52 = 394.23 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Bolsa de cemento} = 42.5 \text{ kg}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de bolsas} = F_c/42.5\text{kg} = (394.23 \text{ kg/ m}^3)/42.5\text{kg} = 9.28 \text{ bolsas/ m}^3$$

- c) Se obtiene el volumen absoluto de la pasta y el volumen absoluto de los agregados:

- Para un peso específico de cemento de  $3.12 \text{ g/cm}^3$  Pacasmayo tipo I.

$$\text{Cemento} = F_c / (3.12 \text{ g/cm}^3) = 0.126 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 2\% = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregados} = 1 \text{ m}^3 - (\text{cemento} + \text{agua} + \text{aire}) = 0.649 \text{ m}^3$$

- d) Se calcula el módulo de finura de la combinación de agregado a partir del tamaño máximo nominal TMN del agregado grueso y los módulos de finura por sacos de cemento:

- Para un TMN de  $3/4"$  y módulos de finura de 5.11 para 8 bolsas y 5.19 para 9 bolsas que nos da la asociación del cemento portland PCA calculamos el módulo de finura por interpolación.

Bolsas                    módulo de finura por bolsas(mc)

8-----5.11

9.28-----mc

9-----5.19

Módulo de finura (mc) = 5.21

- e) Se calcula los porcentajes y volúmenes de los agregados para la mezcla:
- Se utiliza la fórmula del porcentaje del agregado fino con respecto al total de los agregados.

$m_f$ : módulo de finura del agregado fino

$m_g$ : módulo de finura del agregado grueso

$$\%_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} = \frac{6.74 - 5.21}{6.74 - 2.65} = 37.4 \%$$

$$\% Af = 37.4\%$$

$$\% Ag = 62.6\%$$

$$\text{Vol. Af} = 37.4\% * 0.649 \text{ m}^3 = 0.24 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Ag} = 62.6\% * 0.649 \text{ m}^3 = 0.41 \text{ m}^3$$

- f) Se determina los valores del diseño de mezcla:

$$\text{Peso seco del agregado fino} = 0.24 * (\text{peso específico de masa} = 2.52) = 611.67 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 0.41 * (\text{peso específico de masa} = 2.62) = 1064.44 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Cemento} = 394.23 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ lt/ m}^3$$

- g) Corrección de aporte del agua por el contenido de humedad

Aporte de humedad de los agregados:

$$\text{Humedad superficial (Hs) del Af: (contenido de humedad – absorción)} = 5.11\%$$

$$\text{Humedad superficial (Hs) del Ag: (contenido de humedad – absorción)} = 0.63\%$$

$$\text{Aporte de humedad (Ah) del Af: ( Hs * Peso seco)} = 31.26 \text{ lt/ m}^3$$

$$\text{Aporte de humedad (Ah) del Ag: ( Hs * Peso seco)} = 6.71 \text{ lt/ m}^3$$

$$\text{Aporte de los agregados} = 37.96 \text{ lt/ m}^3; \text{ agua efectiva} = 205 - 37.96 = 167.04 \text{ lt/ m}^3$$

Pesos húmedos de los agregados= (contenido de humedad\* peso seco) + peso seco

$$\text{Peso húmedo del Af} = (7.01\% * 611.67) + 611.67 = 654.55 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Peso húmedo del Ag} = (0.89\% * 1064.44) + 1064.44 = 1073.91 \text{ kg/ m}^3$$

<i> Materiales de diseño corregidos </i>		
<i> Cemento = </i>	<i> 394.23 </i>	<i> kg/m<sup>3</sup> </i>
<i> Agua efectiva = </i>	<i> 167.04 </i>	<i> lt/m<sup>3</sup> </i>
<i> Agregado fino húmedo = </i>	<i> 654.55 </i>	<i> kg/m<sup>3</sup> </i>
<i> Agregado grueso húmedo = </i>	<i> 1073.91 </i>	<i> kg/m<sup>3</sup> </i>

**ANEXO N°4: PROCESAMIENTO DE DATOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO**

**a. RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN**

**Tabla 44**

*Resistencia a compresión de los diferentes diseños de mezcla a 7 días*

<i>Diseño de mezcla</i>	<i>EDAD (días)</i>	<i>MUESTRA</i>	<i>DIÁMETRO PROMEDIO EN (cm)</i>	<i>Área (cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Carga de ruptura en (TN)</i>	<i>f'c máx(kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>f'c promedio(kg/cm<sup>2</sup>)</i>
f'c= 280 kg/cm <sup>2</sup>	7	E1-M1	15.235	182.295	45.00	246.85	246.57
		E1-M2	15.120	179.553	45.30	252.29	
		E2-M1	15.037	177.587	43.00	242.13	
		E2-M2	15.035	177.540	43.50	245.02	
f'c= 300 kg/cm <sup>2</sup>	7	E3-M1	15.233	182.247	48.30	265.03	269.08
		E3-M2	15.035	177.540	47.50	267.55	
		E4-M1	15.160	180.504	48.40	268.14	
		E4-M2	15.045	177.776	49.00	275.63	
f'c= 320 kg/cm <sup>2</sup>	7	E5-M1	15.037	177.587	51.80	291.69	288.71
		E5-M2	15.035	177.540	50.60	285.01	
		E6-M1	15.233	182.247	52.60	288.62	
		E6-M2	15.035	177.540	51.40	289.51	

**Tabla 45***Resistencia a compresión de los diferentes diseños de mezcla a 14 días*

<i>Diseño de mezcla</i>	<i>EDAD (días)</i>	<i>MUESTRA</i>	<i>DIAMETRO PROMEDIO EN (cm)</i>	<i>Área (cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Carga de ruptura en (TN)</i>	<i>f'c máx(kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>f'c promedio(kg/cm<sup>2</sup>)</i>
f'c= 280 kg/cm <sup>2</sup>	14	E1-M1	15.235	182.295	50.60	277.57	272.60
		E1-M2	15.025	177.304	49.20	277.49	
		E2-M1	15.035	177.540	48.30	272.05	
		E2-M2	15.220	181.936	47.90	263.28	
f'c= 300 kg/cm <sup>2</sup>	14	E3-M1	15.037	177.587	52.80	297.32	293.41
		E3-M2	15.035	177.540	52.60	296.27	
		E4-M1	15.160	180.504	51.90	287.53	
		E4-M2	15.045	177.776	52.00	292.50	
f'c= 320 kg/cm <sup>2</sup>	14	E5-M1	15.025	177.304	56.00	315.84	314.69
		E5-M2	15.233	182.247	56.30	308.92	
		E6-M1	15.228	182.127	57.10	313.52	
		E6-M2	15.035	177.540	56.90	320.49	

**Tabla 46***Resistencia a compresión de los diferentes diseños de mezcla a 28 días*

<i>Diseño de mezcla</i>	<i>EDAD (días)</i>	<i>MUESTRA</i>	<i>DIAMETRO PROMEDIO EN (cm)</i>	<i>Área (cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Carga de ruptura en (TN)</i>	<i>f'c máx(kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>f'c promedio(kg/cm<sup>2</sup>)</i>
f'c= 280 kg/cm <sup>2</sup>	28	E1-M1	15.038	177.611	51.40	289.40	292.17
		E1-M2	15.039	177.634	51.80	291.61	
		E2-M1	15.233	182.247	52.30	286.97	
		E2-M2	15.234	182.271	52.70	289.13	
f'c= 300 kg/cm <sup>2</sup>	28	E3-M1	15.045	177.776	54.00	303.75	314.21
		E3-M2	15.025	177.304	54.30	306.25	
		E4-M1	15.025	177.304	55.00	310.20	
		E4-M2	15.037	177.587	54.00	304.08	
f'c= 320 kg/cm <sup>2</sup>	28	E5-M1	15.038	177.611	59.00	332.19	327.12
		E5-M2	15.038	177.611	58.40	328.81	
		E6-M1	15.039	177.634	57.90	325.95	
		E6-M2	15.233	182.247	58.60	321.54	

**b. RESISTENCIAS A LA FLEXIÓN**

**Tabla 47**

*Resistencia a flexión de las probetas prismáticas para diferentes diseños de mezcla a 7 días*

<i>Diseño de mezcla</i>	<i>EDAD (días)</i>	<i>MUESTRA</i>	<i>LONGITUD ENTRE APOYOS (cm)</i>	<i>ANCHO PROMEDIO (cm)</i>	<i>ALTURA PROMEDIO (cm)</i>	<i>Carga de ruptura en (kg)</i>	<i>Módulo de rotura a la flexión(kg/cm2)</i>	<i>Módulo de rotura promedio a la flexión(kg/cm2)</i>
f'c= 280 kg/cm2	7	E1-M1	45.00	15.18	15.17	2610.00	33.62	33.47
		E1-M2	45.00	15.05	15.07	2650.00	34.89	
		E2-M1	45.00	15.12	15.15	2425.00	31.44	
		E2-M2	45.00	15.07	15.16	2612.00	33.94	
f'c= 300 kg/cm2	7	E3-M1	45.00	15.09	15.12	2792.00	36.42	36.08
		E3-M2	45.00	15.13	15.11	2820.00	36.74	
		E4-M1	45.00	15.14	15.17	2753.00	35.56	
		E4-M2	45.00	15.13	15.06	2716.00	35.62	
f'c= 320 kg/cm2	7	E5-M1	45.00	15.18	15.17	2865.00	36.91	37.63
		E5-M2	45.00	15.12	15.15	2938.00	38.10	
		E6-M1	45.00	15.14	15.08	2864.00	37.43	
		E6-M2	45.00	15.07	15.01	2872.00	38.06	

**Tabla 48***Resistencia a flexión de las probetas prismáticas para diferentes diseños de mezcla a 14 días*

<i>Diseño de mezcla</i>	<i>EDAD (días)</i>	<i>MUESTRA</i>	<i>LONGITUD ENTRE APOYOS (cm)</i>	<i>ANCHO PROMEDIO (cm)</i>	<i>ALTURA PROMEDIO (cm)</i>	<i>Carga de ruptura en (kg)</i>	<i>Módulo de rotura a la flexión(kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Módulo de rotura promedio a la flexión(kg/cm<sup>2</sup>)</i>
f'c= 280 kg/cm <sup>2</sup>	14	E1-M1	45.00	15.08	15.05	2970.00	39.13	38.55
		E1-M2	45.00	15.09	15.12	2913.00	38.00	
		E2-M1	45.00	15.14	15.17	2987.00	38.58	
		E2-M2	45.00	15.13	15.18	2981.00	38.48	
f'c= 300 kg/cm <sup>2</sup>	14	E3-M1	45.00	15.05	15.07	3133.00	41.25	40.96
		E3-M2	45.00	15.12	15.15	3147.00	40.81	
		E4-M1	45.00	15.14	15.08	3144.00	41.09	
		E4-M2	45.00	15.17	15.16	3152.00	40.68	
f'c= 320 kg/cm <sup>2</sup>	14	E5-M1	45.00	15.08	15.05	3264.00	43.00	42.69
		E5-M2	45.00	15.09	15.12	3274.00	42.71	
		E6-M1	45.00	15.14	15.17	3265.00	42.17	
		E6-M2	45.00	15.13	15.06	3271.00	42.89	



**Tabla 49***Resistencia a flexión de las probetas prismáticas para diferentes diseños de mezcla a 28 días*

<i>Diseño de mezcla</i>	<i>EDAD (días)</i>	<i>MUESTRA</i>	<i>LONGITUD ENTRE APOYOS (cm)</i>	<i>ANCHO PROMEDIO (cm)</i>	<i>ALTURA PROMEDIO (cm)</i>	<i>Carga de ruptura en (kg)</i>	<i>Módulo de rotura a la flexión(kg/cm2)</i>	<i>Módulo de rotura promedio a la flexión(kg/cm2)</i>
f'c= 280 kg/cm2	28	E1-M1	45.00	15.18	15.17	3250.00	41.87	43.84
		E1-M2	45.00	15.05	15.07	3312.00	43.61	
		E2-M1	45.00	15.12	15.15	3420.00	44.35	
		E2-M2	45.00	15.20	15.23	3568.00	45.54	
f'c= 300 kg/cm2	28	E3-M1	45.00	15.08	15.05	3563.00	46.94	47.16
		E3-M2	45.00	15.09	15.12	3520.00	45.92	
		E4-M1	45.00	15.13	15.11	3688.00	48.04	
		E4-M2	45.00	15.13	15.16	3690.00	47.75	
f'c= 320 kg/cm2	28	E5-M1	45.00	15.02	15.08	3682.00	48.51	48.81
		E5-M2	45.00	15.16	15.22	3764.00	48.23	
		E6-M1	45.00	15.14	15.10	3816.00	49.74	
		E6-M2	45.00	15.18	15.24	3819.00	48.74	

**ANEXO N°5: PROCESAMIENTO DE DATOS PARA LA CORRELACIÓN ENTRE RESISTENCIAS**

**Tabla 50**

*Procesamiento de las propiedades mecánicas del concreto para correlación.*

<i>Diseño de mezcla</i>	<i>EDAD (días)</i>	<i>MUESTRA</i>	<i>Resistencia a la compresión <math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Resistencia a la compresión <math>f'c</math> promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Módulo de rotura (Mr) a la flexión(kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Módulo de rotura (Mr) a la flexión promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Ecuación de correlación dada por el ACI</i>
							$Mr = K * (f'c)^{1/2}$
f'c= 280 kg/cm <sup>2</sup>	28	E1-M1	289.40	289.28	41.87	43.84	$Mr = 2.58 * (f'c)^{1/2}$
		E1-M2	291.61		43.61		
		E2-M1	286.97		44.35		
		E2-M2	289.13		45.54		
f'c= 300 kg/cm <sup>2</sup>	28	E3-M1	303.75	306.07	46.94	47.16	$Mr = 2.70 * (f'c)^{1/2}$
		E3-M2	306.25		45.92		
		E4-M1	310.20		48.04		
		E4-M2	304.08		47.75		
f'c= 320 kg/cm <sup>2</sup>	28	E5-M1	332.19	327.12	48.51	48.81	$Mr = 2.70 * (f'c)^{1/2}$
		E5-M2	328.81		48.23		
		E6-M1	325.95		49.74		
		E6-M2	321.54		48.74		

**ANEXO N°6: CONSTANCIA DEL USO DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD.**



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
*Laboratorio de Ensayo de Materiales*



**El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:**

**CONSTANCIA**

A nombre del Bach. FERNANDO SAUL ECHEVERRIA MEGO, Exalumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, con la cual se da constancia que se han realizado las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo contenido de humedad
02	Ensayo análisis granulométrico
03	Ensayo peso unitario suelto y compactado
04	Ensayo peso específico
05	Ensayo de absorción
06	Ensayo de resistencia a la degradación, por abrasión e impacto
07	Ensayo material más fino que pasa el tamiz N° 200
08	Elaboración de especímenes cilíndricos de concreto
09	Elaboración de especímenes prismáticos de concreto
10	Ensayo a compresión en muestras cilíndricas
11	Ensayo a flexión en muestras prismáticas

*Para la Tesis Titulada: "CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y EL MÓDULO DE ROTURA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO USANDO AGREGADO DEL RÍO CAJAMARQUINO ". Las actividades se desarrollaron del 06 de enero al 28 de febrero de 2025.*

*Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.*

*Cajamarca, 26 de mayo de 2025.*

*Atentamente:*

c.c. a:  
\_Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
  
Ing. Mauro Centurión Vargas  
JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

## ANEXO N°7: PANEL FOTOGRÁFICO

**Figura 12**

*Cantera Rumicucho -agregados del río Cajamarquino*



**Figura 13**

*Ensayo de peso unitario suelto y compactado de los agregados*



**Figura 14**

*Ensayo de peso específico de masa del agregado fino*





**Figura 15**

*Ensayo de peso específico de masa del agregado grueso*



**Figura 16**

*Ensayo de asentamiento del concreto por el cono de Abrams*



**Figura 17**

*Elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas*



**Figura 18**

*Ensayos de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas*





**Figura 19**

*Ensayos de resistencia a la flexión de probetas prismáticas*



**Figura 20**

*Ensayos de resistencia a la flexión de probetas prismáticas*

