

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERÍA**



Evaluación de las propiedades de los agregados de las principales canteras del distrito de Rioja y su incidencia en la resistencia del concreto utilizado en la construcción de edificaciones

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

AUTOR

Marjorie Yasmin Velásquez López

REVISOR

Dayma Sadami Carmenates Hernández

Rioja, Perú
2021

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es evaluar las propiedades de los agregados en las canteras del distrito de Rioja para determinar de que manera inciden en la resistencia del concreto. El estudio presenta una investigación experimental, tipo aplicada, de nivel descriptivo con enfoque cualitativo – cuantitativo, es decir, con la evaluación de una variable se determina el comportamiento de la variable siguiente, se investigó la cantera del río Yuracyacu y Naranjillo. Las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los agregados se obtuvieron a través de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos. Estos ensayos se realizaron en las instalaciones del laboratorio de mecánica de suelos del PEAM. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: módulo de finura que oscila entre 3.04 y 2.97, contenido de humedad de 11.62% y 7.61% para los agregados de la cantera del río Yuracyacu y Naranjillo respectivamente. La granulometría de la cantera del río Yuracyacu no cumple los parámetros mínimos de la norma NTP 400.037 porque los agregados son de menor calidad. En los ensayos de resistencia, los agregados de la cantera del río Yuracyacu no cumplieron al 100% mientras que los agregados del río Naranjillo sobrepasaron los valores establecidos. Resultó evidente la relación existente entre la calidad de los agregados y la resistencia del concreto.

Palabras clave: calidad de agregados, diseño de mezcla, resistencia del concreto.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the properties of the aggregates in the quarries of the district of Rioja to determine how they affect the strength of concrete. The study presents an experimental investigation, applied type, of a descriptive level with a qualitative - quantitative approach, that is, with the evaluation of a variable the behavior of the following variable is determined, the quarry of the Yuracyacu and Naranjillo rivers were investigated. The physical, chemical and mechanical properties of the aggregates were obtained through soil mechanics laboratory tests. These tests were carried out in the PEAM soil mechanics laboratory facilities. The results obtained were as follows: fineness modulus ranging between 3.04 and 2.97, moisture content of 11.62% and 7.61% for the aggregates from the Yuracyacu and Naranjillo river quarries, respectively. The granulometry of the Yuracyacu River quarry does not meet the minimum parameters of the NTP 400,037 standard because the aggregates are of lower quality. In the resistance tests, the aggregates from the Yuracyacu River quarry did not comply 100% while the aggregates from the Naranjillo River exceeded the established values. The relationship between the quality of the aggregates and the strength of the concrete was evident.

Keywords: aggregate quality, mix design, concrete strength.

INDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1. Antecedentes y fundamentación científica.....	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Fundamentación científica.....	8
2. Justificación de la investigación.....	12
3. Problema.....	14
4. Operacionalización de las variables.....	15
6. Objetivos.....	16
II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION	17
2.1. Tipo de estudio.....	17
2.2. Diseño de investigación.....	17
2.3. Nivel de investigación.....	17
2.4. Enfoque.....	18
III. METODOLOGIA DE LA SOLUCION DEL PROBLEMA	19
3.1. Marco Teórico.....	19
3.2. Análisis situacional.....	32
3.3. Alternativa de solución.....	34
3.4. Solución del problema.....	35
3.5. Recursos requeridos.....	38
IV. ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADO	39
4.1. Resultados de las propiedades de los agregados.....	39
4.2. Resultados de ensayos granulométricos.....	40
4.3. Resultados de diseño de mezcla.....	49
4.4. Resultado de rotura de probetas.....	50
V. CONCLUSIONES	54

VI. RECOMENDACIONES.....	56
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXOS.....	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	15
Tabla 2. Valores para granulometría de agregados finos (Norma ASTM C33).....	24
Tabla 3. Ensayos de laboratorio (NORMA E.050).....	36
Tabla 4. Propiedades de los agregados (Cantera del río Yuracyacu).....	39
Tabla 5. Propiedades de los agregados (Cantera del río Naranjillo).....	40
Tabla 6. Granulometría de agregado fino (Cantera del río Yuracyacu).....	40
Tabla 7. Lím. de granulometría para el agregado fino (Cant. del río Yuracyacu)....	41
Tabla 8. Granulometría de agregado grueso (Cantera del río Yuracyacu).....	42
Tabla 9. Lím. de granulom. para el agregado grueso (Cant. del río Yuracyacu)....	42
Tabla 10. Granulometría de agregado fino (Cantera del río Naranjillo).....	45
Tabla 11. Lím. de granulometría para el agregado fino (Cant. del río Naranjillo)....	45
Tabla 12. Granulometría de agregado grueso (Cantera del río Naranjillo).....	47
Tabla 13. Lím. de granulom. para el agregado grueso (Cant. del río Naranjillo)....	47
Tabla 14. Res. de diseño de mezcla – dosificación (Cant. del río Yuracyacu).....	49
Tabla 15. Res. de diseño de mezcla – dosificación (Cant. del río Naranjillo).....	49
Tabla 16. Resultado de la ruptura de probetas de concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ usando agregado de la cantera del río Yuracyacu.....	50

Tabla 17. Resultado de la ruptura de probetas de concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ usando agregado de la cantera del río Yuracyacu.....	50
Tabla 18. Resultado de la ruptura de probetas de concreto $f^c=280\text{kg/cm}^2$ usando agregado de la cantera del río Yuracyacu.....	51
Tabla 19. Resultado de la ruptura de probetas de concreto $f^c=175\text{kg/cm}^2$ usando agregado de la cantera del río Naranjillo.....	52
Tabla 20. Resultado de la ruptura de probetas de concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ usando agregado de la cantera del río Naranjillo.....	52
Tabla 21. Resultado de la ruptura de probetas de concreto $f^c=280\text{kg/cm}^2$ usando agregado de la cantera del río Naranjillo.....	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva granulom. del agregado fino (Cantera del río Yuracyacu).....	42
Figura 2. Curva granulom. del agregado grueso (Cantera del río Yuracyacu)	44
Figura 3. Curva granulom. del agregado fino (Cantera del río Naranjillo).....	46
Figura 4. Curva granulom. del agregado grueso (Cantera del río Naranjillo).....	48

I. INTRODUCCIÓN

1. Antecedentes y fundamentación científica

1.1 Realidad problemática

Según Arangurí (2016), menciona que en los últimos años la industria de la construcción ha ido aumentando a nivel mundial por lo que resulta necesario emplear agregados de calidad. Esto implica realizar un control de calidad para el uso de los mismos.

Gonzales y Villa (2013), afirman: Los parámetros para definir tanto la calidad como las propiedades de los agregados fueron incluidos dentro de los estándares de calidad del cemento Portland; el cual se publicó en el año 1904 por la American Society for Testing and Materials (ASTM C33) “Especificaciones Reguladas de Agregados para Concreto” en Estados Unidos.

Colombia y México cuentan con normas para establecer las características y calidad de los agregados. La norma CMT 2-02-002 “Calidad de los agregados pétreos para el concreto hidráulico” y la NTC 174 “Especificaciones de los agregados para concretos” respectivamente. Ambas buscan establecer los estándares de calidad necesarios en los agregados para obtener una mayor resistencia en su uso en el concreto.

En Perú estamos regidos por la norma NTP 400.037:2014 “Especificaciones Reguladas para Agregados en Concreto”, que regula a través de parámetros y valores mínimos de gradación la calidad de los agregados para su posterior uso en la industria de la construcción.

Para que las construcciones posean gran resistencia y durabilidad resulta imprescindible contar con normas y especificaciones que aseguren la calidad de los agregados empleados en las mismas. A nivel mundial el sector inmobiliario adolece de controles de calidad, generando perjuicio en las edificaciones.

En nuestro país la construcción informal es uno de los mayores problemas que afrontamos, generando un crecimiento desordenado que pone en peligro a la sociedad. Anualmente la construcción de viviendas informales asciende a 50 mil, las cuales pese a no tener una licencia de construcción tampoco cuentan con un control de calidad de materiales.

La calidad de concreto que se emplea en una construcción está condicionada por los componentes utilizados en su preparación, entre ellos los agregados, los cuales representan entre el 60% y 75% del volumen total. Los agregados se extraen directamente de canteras, por lo que incide mucho su ubicación y las características manejo y transporte del material extraído.

Al momento de extraer agregados de las canteras debemos tener presente la calidad del material, distancia hacia la obra en ejecución y volumen de producción de los mismos, es por eso que debemos identificar el material a utilizar para ubicar correctamente la cantera de exploración. La mayoría de canteras de nuestro país que distribuyen agregados en sus diferentes presentaciones y usos tales como roca angular, agregado fino y grueso; y hormigón son informales y no garantizan el empleo correcto de los agregados para una obra determinada.

La provincia de Rioja cuenta con varias canteras de abastecimiento de agregados para las diferentes construcciones civiles locales. Estas canteras por lo general no cuentan con los permisos necesarios ni realizan la extracción de materiales con los estándares mínimos de calidad. Estas deficiencias repercuten directamente en las edificaciones que al poco tiempo de ser construidas presentan fisuras, grietas y presencia de abundante salitre; a esto se suma la falta de control en los métodos de dosificación cuando se elabora el concreto.

Para evitar daños y perjuicios en las construcciones civiles de nuestra localidad; sobre todo en lo referente a infraestructura educativa, resulta necesario la realización de ensayos a cada una de las principales canteras de la localidad. De esa manera determinamos cuales son las canteras más apropiadas para cada tipo de obra.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Antecedentes internacionales

Calderón (2015) determinó las características y propiedades de los materiales gruesos y finos de canto rodado del río Chanchan y su influencia en el diseño de hormigones de diferentes resistencias. El hormigón es uno de los principales materiales usados en la construcción, las normas recomiendan el uso de agregados de rocas duras trituradas cuyas partículas tienen que ser cúbicas; sin embargo, en las costas ecuatorianas la preparación del hormigón para obras civiles se realiza utilizando como material pétreo el canto rodado. Por consiguiente, se desarrolló una investigación del tipo descriptivo y referencial. El área de investigación es el material del río Chanchan, a los cuales a través de ensayos de laboratorio se determinó las características físicas, químicas, mecánicas y mineralógicas, además se realizó el diseño de mezcla utilizando métodos ACI y O'Reily para determinar las ventajas que presentan entre ambos diseños.

Los ensayos de laboratorio arrojaron los siguientes resultados: la densidad, abrasión, peso unitario, resistencia a los sulfatos, granulometría y contenido orgánico en las arenas cumplen con las normas ASTM C-33, MOP-001-F-2002 e INEN de elaboración de hormigón, a excepción de la granulometría en los agregados gruesos que son más pequeños que lo establecido en las normas. Los diseños de hormigones tanto para el método ACI y O'reily utilizan la misma cantidad de cemento y agregados por m³ de hormigón. 1 1/2" es el tamaño nominal del agregado grueso, con este agregado se obtuvo sin ningún problema resistencias de concreto de 210 kg/cm²; por el contrario, para hormigones de resistencia de 280 kg/cm² no cumplió llegando a un valor máximo de 246.07kg/cm² a los 28 días, por lo cual se trabajó con agregados de 1" generando 282.99 kg/cm² de resistencia del concreto.

Definitivamente, el empleo de materiales finos y gruesos de canto rodado del río Chanchan son recomendables para hormigones cuyas resistencias sean menores a 280 kg/cm², siempre y cuando se realice obligatoriamente el diseño correspondiente.

Además, el tamaño máximo de agregados para concretos de resistencia de 210 y 280 kg/cm² son de 1 1/2" y 1" respectivamente.

Estrada y Páez (2014) demostraron que la forma de los agregados pétreos (canto rodado y piedra triturada) influyen directamente en la resistencia del concreto. El concreto es la mezcla de agregados, cemento y agua, y es utilizada ampliamente en la construcción y está formada básicamente por cemento, agregados y agua; debido a que los agregados representan la mayor parte de la mezcla de concreto, entonces sus características determinan la calidad del mismo. Los agregados pueden ser de canto rodado o producto de la desfragmentación de la roca, ambos tipos de material determinan la resistencia del concreto y el valor económico de su elaboración. Es por ello, que se elaboró una investigación cuyo método fue descriptivo a través de un diseño experimental. La realización de pruebas de laboratorio a los especímenes se ensayó con agregados del banco de materiales "Agustín Morales Gordillo S.A. de C.V." ubicado en la ciudad de Coatzacoalcos Veracruz. Los ensayos se hicieron en 108 probetas cilíndricas metálicas de dimensiones 15cm de diámetro y 30cm de altura, los agregados tienen como tamaño máximo 3/4".

De los ensayos de laboratorio se consiguieron los resultados siguientes: los ensayos granulométricos, de densidad, peso unitario entre otros cumplieron para ambos agregados (grava normal y grava triturada). En los ensayos de rotura de probetas de concreto de resistencias 200 y 250 kg/cm² tanto la grava normal como la triturada cumplieron con los valores requeridos; para concretos de resistencia 300 kg/cm² ambos tipos de agregados no obtuvieron el 100% de la resistencia necesaria; sin embargo, la mezcla con agregado triturado generó mayor resistencia de compresión en comparación a la mezcla con agregados redondeados. En conclusión, la calidad de un concreto está relacionado directamente a las propiedades de los agregados que lo conforman. Las diferentes resistencias de los concretos como 200, 250 y 300 kg/cm² se pueden obtener con los dos tipos de agregados (agregados redondeados y agregados triturados), no obstante, el agregado triturado aporta una resistencia adicional a lo necesario, pero a su vez es más caro y de menor disponibilidad en la región.

Por último, para el mejor empleo de los agregados tanto grava normal como triturada se deberá realizar su propio diseño de mezcla para concreto; de donde se obtendrán los valores apropiados de agua, cemento y agregados para las resistencias requeridas por el usuario.

1.2.1 Antecedentes nacionales

Belito y Paucar (2018) determinaron la relación que existe entre la resistencia del concreto y los agregados procedentes de diferentes canteras en la ciudad de Huancavelica. En la ciudad de Huancavelica y el Perú; durante los últimos años el uso de concreto en la ejecución de obras civiles ha aumentado, por lo cual resulta indispensable obtener un concreto de calidad para generar seguridad en las estructuras. La calidad está ligada directamente al empleo de agregados utilizados para su elaboración. Por consiguiente, este estudio llevó a cabo una investigación con un método deductivo – descriptivo mediante un diseño experimental de tipo explicativo (causa – efecto) para demostrar el comportamiento de las variables, se trabajó con canteras de los ríos Ichu y Mantaro obteniendo una muestra de 90 unidades de probetas escogidas al azar, las cuales fueron 45 fueron ensayadas con agregados del río Ichu y las restantes 45 con agregados del río Mantaro. Los datos se obtuvieron con ensayos de mecánica de suelos y ruptura de probetas de concreto y los resultados fueron procesados con métodos como estadística descriptiva, pruebas de comparación múltiple (Tukey) y software estadístico R.

Por lo tanto, se obtuvieron los siguientes resultados: con respecto al ensayo granulométrico tanto el agregado fino como grueso de la cantera del río Mantaro cumplen con la NTP 400.037; por el contrario, los agregados del río Ichu presenta valores por debajo de los límites establecidos. Estos resultados se vieron reflejados en los ensayos de rotura de probetas de concreto para resistencias de 175, 210 y 245 kg/cm² donde la cantera del río Ichu no cumplieron 07 de las 45 probetas ensayadas sin embargo en el promedio final superaron los valores de resistencia esperados; mientras que los agregados de la cantera del río Mantaro cumplieron con la resistencia esperada el 100% de las probetas ensayadas.

En conclusión, los agregados de ambas canteras superaron las resistencias requeridas para el diseño de mezcla del concreto; sin embargo, se confirma fehacientemente que los resultados de la resistencia de un concreto varían de acuerdo a la procedencia de los agregados utilizados.

Castro y Vera (2017) evaluaron las características físicas, químicas y mecánicas de los agregados de las canteras de la localidad de Huanchaco - Trujillo y su efecto en el diseño de mezcla del concreto. Actualmente la mayoría de construcciones en nuestro país y a nivel mundial son informales presentando fallas y deterioros de las edificaciones; debido principalmente al uso de agregados de mala calidad en la mezcla del concreto. Por este motivo, se elaboró una investigación cuantitativa a través de un diseño cuasi experimental de tipo correlacional. Se tomó como muestra las 04 canteras más representativas de La Libertad (Calderón, Rubio-Jaén, San Bernardo y Santa Rosa); a las cuales se les realizaron 10 ensayos para encontrar las propiedades químicas, físicas y mecánicas para agregados finos y gruesos, estos ensayos se replicaron 3 veces para disminuir el margen de error en los resultados. Los resultados obtenidos de los ensayos se analizaron haciendo uso de recursos estadísticos (promedio, media aritmética, desviación estándar, coeficiente de variación y gráficos estadísticos).

En consecuencia, los resultados para los agregados finos y gruesos fueron: el contenido de humedad oscila de 1% a 0.4%, la absorción para agregado fino y grueso de 1.5% y 1.0% respectivamente, el peso unitario va desde 2810kg/cm³ hasta 2760 kg/cm³, en relación al contenido de finos ninguna cantera cumplió con los límites permitidos por la norma, los ensayos químicos como el análisis de sulfatos y de reactividad agregado-álcali cumplen con los límites máximos estipulados en la norma NTP 400.037:2014 y NTP 334.099:2011, terminada la evaluación se obtuvo resultados desfavorables en todas las canteras, estas no cumplían con los límites permisibles dentro de las normativas vigentes para el diseño de mezcla del concreto.

En resumen, las canteras del sector El Milagro – Huanchaco no presentan las características necesarias para un diseño de mezcla de concreto, por lo que se realizó

modificaciones experimentales en los agregados obteniéndose mejores resultados solo en dos canteras, las cuales llegan a cumplir con los parámetros Norma Técnica Peruana NTP.400.037:2014.

Olarte (2017) estableció la influencia que existe entre la resistencia del concreto y la calidad presente en los agregados extraídos de las canteras de la localidad de Andahuaylas. Actualmente en la ciudad de Andahuaylas los propietarios de canteras y los mismos constructores desconocen las propiedades de los agregados que utilizan para el concreto; esto ha generado desconfianza al momento de verificar la resistencia del concreto. Es por ello que se realizó una investigación utilizando el método hipotético deductivo de enfoque cuantitativo; con un diseño no experimental de tipo correlacional – causal. La toma de muestras se realizó a tres de las principales canteras de Andahuaylas, se efectuaron ensayos de laboratorio para los materiales y el concreto; de esa manera determinaron las propiedades y su influencia en el diseño de mezcla del concreto. Los datos fueron procesados haciendo uso de cuadros y gráficos estadísticos que permitieron interpretar los resultados.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: de acuerdo a la curva granulométrica el agregado grueso presentó tamaños de partículas mayores de 3/4” que se encuentra fuera del rango establecido para este ensayo, el agregado fino tenía un módulo de fineza que va desde 2.94 a 3.02 que es un límite aceptable. Los ensayos de peso unitario suelto presentan valores que oscilan entre 1.31g/cm³ – 1.67g/cm³ y para peso unitario compactado van desde 1.50g/cm³ hasta 1.84g/cm³ en agregados gruesos y finos respectivamente; con respecto al peso específico de los materiales estos van desde 1.58g/cm³ hasta 2.65g/cm³ lo que demuestra que están dentro del rango admisible que oscila entre 1.4g/cm³ y 2.8g/cm³, por último con los ensayos de abrasión para agregados gruesos se obtuvieron resistencias al desgaste de 40.5% y 40% los cuales están cerca al porcentaje máximo admisible que es el 50% para agregados de buena resistencia.

Finalmente, los agregados finos y gruesos de las dos canteras estudiadas están dentro de los valores admisibles para la preparación del concreto. Se aconseja que

durante el proceso de triturado de los agregados pasen por un procedimiento de lavado y tamizaje; de esa manera eliminamos partículas extrañas y aseguramos los tamaños apropiados de los agregados, los cuales inciden directamente en la resistencia del concreto al momento de la mezcla.

1.3 Fundamentación científica

Referente a la fundamentación científica, se ha recopilado definiciones de varios autores los cuales ayudan a argumentar correctamente las variables de estudio que son las características de los agregados y la resistencia del concreto con sus respectivas dimensiones.

La Norma Técnica Peruana (2013) conceptualiza a los agregados como fracciones de roca desintegrados a través de mecanismos naturales o artificiales, los cuales ocupan de un 60% a 78% de la masa del concreto. El material que atraviesa el tamiz 9.51mm y queda retenido en el tamiz 0.074mm se le conoce como agregado fino, mientras que el material retenido por el tamiz 4.75mm es el agregado grueso.

Chan (1993) define a los agregados como elementos activos dentro de la mezcla de concreto lo cual incide significativamente en el comportamiento estructural de las edificaciones, a su vez indica que sus características cambian a lo largo de los procedimientos de explotación, manipulación y traslado. Por ello, Chan (1993) menciona que los agregados más apropiados para la elaboración del concreto son los que presentan una forma angular y cúbica.

De igual manera Uribe (1991) considera que las propiedades de los agregados varían de acuerdo a donde son obtenidos: en depósitos naturales como ríos, playas o a través de la trituración de las rocas. Indica que para la elaboración de concreto existen dos tipos de agregados; definidos por su tamaño, en agregado grueso (partículas mayores a 5mm hasta 125mm) y agregado fino (partículas menores a 5mm).

Céron, Duarte y Castillo (1996) aseguran que para conocer la calidad de un concreto es indispensable saber las características de los componentes que lo

conforman, en particular los agregados, ya que son estos quienes le otorgan resistencia y durabilidad. Sin embargo, Céron et al. (1996) refieren también que el principal problema que presentan los profesionales de la construcción al momento de utilizar concreto, es la escasa supervisión de los estudios que se deben realizar a los agregados que se utilizan en el diseño de mezcla del concreto, propiciando resultados contrarios a los esperados.

Asimismo, Quiroga (2003) manifiesta que la trabajabilidad, la rigidez, el acabado, la densidad, la exudación y segregación de concreto fresco son propiedades cuyos valores son determinados por las características de los agregados; afectando a la resistencia y durabilidad del mismo.

Arangurí (2016) menciona que los agregados representan la materia prima en la elaboración de la mezcla de concreto, el cual es utilizado en la mayoría de las construcciones y obras de índole civil. Por este motivo Arangurí (2016), señala que para la extracción de agregados debemos contemplar su emplazamiento, trayecto hacia la construcción y dotación de material con que cuentan las canteras, para luego definir a través de sus características su mejor empleo.

Instituto Mexicano del cemento y del concreto (2017) señala que se utilizan en la elaboración de concreto deben presentar las siguientes características: estar libre de impurezas, tener alta resistencia, cumplir con ensayos granulométricos; permitiendo obtener un concreto de mayor calidad y a costos más económicos.

Uribe (1991) indica que el concreto fresco es más trabajable de acuerdo a la forma del agregado, es por eso; que establece 04 formas básicas de los agregados tales como: esférica, prismáticas, tubulares e irregulares. De las cuales el agregado de tipo tubular o elíptico es el que más problemas ocasiona en la trabajabilidad del concreto, debido principalmente a su forma aplanada, que genera espacios libres debajo de ella donde el agua y el aire se acumulan formando cangrejas en las estructuras.

Alaejos y Fernández (1996) sostienen que la propiedad de los agregados que más influye en la trabajabilidad del concreto es la absorción. Un concreto trabajable y consistente se obtiene a partir agregados con bajos niveles de absorción y de forma regular. También indican que los factores de forma, graduación y tamaño de los agregados se tendrán en cuenta para medir la consistencia de un concreto, solo cuando existan agregados de diferente tipo, pero con similar absorción.

Kosmatka y Panarese (1992) indican que los agregados de gran tamaño generan mezclas de concreto difícilmente trabajables, por el contrario, los agregados con menor dimensión y de forma regular permite realizar mezcla de concreto fresco con mayor trabajabilidad y consistencia. Es por ello, el tamaño y la granulometría de un agregado (agregado grueso) influyen directamente en las características de un concreto, tales como la proporción de agregados, cantidad de agua y cemento, la trabajabilidad, los bajos costos de producción y la durabilidad del concreto en las edificaciones.

Uribe (1991) también menciona que para los agregados finos se deben considerar dos elementos importantes, el módulo de finesa y la granulometría. El agregado fino genera cohesión en la mezcla del concreto por lo que el rango aceptable de módulo de finura para un óptimo concreto oscila entre 2.2 y 3.1. Uribe (1991) indica un concreto pierde trabajabilidad cuando el módulo de finura del agregado es mayor a 3.1, por el contrario, este se vuelve pastoso y genera mayor gasto de agua y cemento cuando este valor está por debajo de 2.2.

De acuerdo Reglamento Nacional de Edificaciones (2020), NORMA E.060 “Concreto armado” establece que el concreto es producto de la mezcla de cemento, agregados y agua, y adicionalmente aditivos. Este se puede clasificar en concreto simple o armado, cuyos usos y características, como trabajabilidad, resistencia, consistencia varían de acuerdo al elemento estructural donde se va a emplear.

Palbol (1996) define al concreto como un material pétreo obtenido artificialmente a través de la mezcla de pasta (cemento y agua) y agregados. El endurecimiento de la mezcla forma un conglomerado altamente resistente. Además, Palbol (1996) menciona

que la resistencia del concreto lo determinan las características de los materiales; sobre todo los agregados, los cuales presentan diferentes características como forma, textura, mineralogía, etc.

2. Justificación de la investigación

Las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los agregados finos y gruesos son las características determinantes para elaborar concretos de mayores resistencias, trabajables, económicos y duraderos. Los agregados están entre el 60 y 70% de la masa de la mezcla, proporcionan estabilidad volumétrica y durabilidad. Por esto es primordial conocer sus características, puesto que estas varían dependiendo de la procedencia y forma.

Con respecto a la investigación cabe mencionar que existen diversos estudios sobre las propiedades y características de los materiales de agregados en diferentes canteras a nivel local, nacional e internacional de las cuales es conveniente resaltar como la más relevante a la investigación: “Incidencia de las características de los agregados pétreos obtenidos de las canteras de la localidad El Milagro”, en donde se logró determinar fehacientemente que las características de las rocas empleadas como agregados varían de acuerdo a cada cantera y esto incide directamente en la calidad de los concretos.

El objetivo de la investigación es evaluar las propiedades de los materiales utilizados como agregados los cuales son extraídos de las canteras más representativas de la localidad de Rioja para determinar su incidencia en la compresibilidad del concreto que es utilizado en la industria de la construcción, debido a que la informalidad constructiva y empleo de agregados de canteras informales es un problema que aumenta a diario, creando incertidumbre en los beneficiarios finales en lo referente a la resistencia y calidad de sus construcciones.

Las implicancias prácticas de esta investigación es que determinará a través de ensayos de mecánicas de suelos las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los agregados; además el estudio de canteras identificará con que tipos de agregados contamos en todo el distrito. Esto permitirá identificar la calidad de material con el que cuentan las canteras de nuestra localidad, los procesos de extracción apropiados y sobre todo su aplicación correcta en la elaboración del concreto.

En el marco metodológico, se utilizó como muestra las canteras del río Yuracyacu y Naranjillo, de los cuales se extrajeron 27 muestras de material de cada cantera, todas escogidas al azar y ensayadas en laboratorios especializados de mecánica de suelos. En el laboratorio se les realizó los ensayos para determinar sus propiedades físicas: granulometría, peso unitario, módulo de finura, entre otros; sus propiedades químicas: análisis de sulfatos y de reactividad agregado-álcali y finalmente sus propiedades mecánicas: absorción, abrasión, etc.

Con esto se realizó un diseño de mezcla con los materiales de cada cantera y se comprobó la resistencia con la ruptura de probetas con concreto de diferentes valores como 175, 210 y 280 kg/cm². Los valores de la resistencia del concreto se obtuvieron rompiendo las probetas a los 7, 14 y 28 días. En consecuencia, la relación de las variables se explicó a través de recursos estadísticos donde se comparó el tipo de agregado, dosificación y resistencia del concreto.

El presente estudio tiene relevancia social porque los principales beneficiados serán los constructores y los propietarios de las edificaciones a construir, debido a que para obtener un concreto de calidad resulta necesario conocer las características de los componentes que lo conforman. Por lo tanto, con esta investigación los beneficiados contarán con información fehaciente de la calidad de agregados de cada cantera y su correcta aplicación para la fabricación del concreto de acuerdo a la resistencia requerida.

Este estudio, además, pretende ser un punto de partida para los investigadores, quienes con los resultados de la investigación; podrían generar nuevas variables de estudio y analizar de que forma se podría aumentar la resistencia del concreto en canteras que no cumplieron con las resistencias mínimas, analizar qué factores ambientales hacen que los agregados pierdan resistencia o presentan niveles altos de absorción entre otros.

3. Problema

Problema general

¿En qué medida las propiedades de los agregados de las principales canteras del distrito de Rioja inciden en la resistencia a la compresión del concreto utilizado en la construcción de edificaciones?

Problemas específicos

¿Cuáles son las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los agregados extraídos de las principales canteras del distrito de Rioja?

¿En qué medida los agregados inciden en la resistencia a la compresión del concreto utilizado en la construcción de edificaciones?

4. Operacionalización de las variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LAS PRINCIPALES CANTERAS DEL DISTRITO DE RIOJA Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES				
Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Escala de medición
V. 1: INDEPENDIENTE Propiedades de los agregados	Chan (1993) conceptualiza a los agregados como componentes activos para el concreto lo cual incide significativamente en el comportamiento estructural de las edificaciones, sus características varían en los procedimientos de explotación, tratamiento y desplazamiento.	Es la cualidad o propiedad de los agregados que permite identificarlo y diferenciarlo.	Propiedades físicas	Ordinal
			Propiedades químicas	
V. 2: DEPENDIENTE Resistencia del concreto	Palbol (1996) define al concreto como un material pétreo obtenido artificialmente a través de la mezcla de pasta (cemento y agua) y agregados. Es la capacidad que presenta el concreto para soportar cargas dentro de un área determinada. Esta se mide en la siguientes unidades kg/cm ² de resistencia.	Es el máximo valor de la resistencia a cargas axiales que puede soportar un espécimen de concreto.	Propiedades mecánicas	Ordinal
			Compresión	
			Consistencia	
			Trabajabilidad	

5. Objetivos

Objetivo general

Evaluar las propiedades de los agregados extraídos de las principales canteras de la localidad de Rioja y su incidencia en la resistencia del concreto utilizado en la construcción de edificaciones.

Objetivos específicos

Evaluar las propiedades físicas, químicas y mecánicas en los agregados extraídos de las principales canteras de la localidad de Rioja.

Determinar la incidencia de los agregados en la resistencia del concreto utilizado en la construcción de edificaciones.

II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Tipo de estudio

De acuerdo a Hernández y Mendoza (2018) una investigación es de tipo aplicada cuando el conocimiento obtenido aportará en la resolución de un problema de la sociedad. Por lo tanto, la valoración de las propiedades de los agregados presentes en las diferentes canteras de la localidad de Rioja, permitirán identificarlos y utilizarlos eficientemente en el concreto, esto mejorará la forma de construir edificaciones.

La presente investigación es de tipo aplicada.

2.2 Diseño de investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), una investigación de diseño experimental maneja una variable para determinar el comportamiento de otra variable. En este estudio los ensayos que realizamos a los agregados (manipulación), la elaboración del concreto determina la resistencia del concreto.

En la presente investigación se utilizó un diseño experimental.

2.3 Nivel de investigación

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), una investigación descriptiva determina las características más relevantes de personas, objetos u otro fenómeno que pueda ser analizado. A través de la investigación se determinó las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los agregados, es decir, cuantificamos sus propiedades y se comparó con los resultados de resistencia del concreto.

La presente investigación presenta un nivel descriptivo.

2.4 Enfoque

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), un enfoque cuantitativo cuantifica las variables de las hipótesis; esta medición se realiza por métodos científicamente aceptados. De igual manera, mencionan que el enfoque cualitativo utiliza resultados de estudios o ensayos para interpretar o revelar las variables de investigación. En esta investigación se calculó las propiedades de los agregados a través de ensayos de laboratorio (cuantitativo) y con los resultados obtenidos se determinó que las propiedades de los mismos incidían en la resistencia del concreto (cualitativo).

La presente investigación presenta un enfoque mixto (CUALITATIVO–CUANTITATIVO)

III. METODOLOGÍA DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Marco Teórico

3.1.1 Canteras

a. Descripción

Las canteras son exploraciones mineras, que se realizan a cielo abierto, de donde obtenemos los agregados. Los mismos que son utilizados en diferentes aplicaciones constructivas como obras civiles, carreteras, presas, entre otros. Debido a la importancia que representan en la construcción de las obras antes mencionadas, su cuantía económica está ligada directamente al costo del proyecto.

Para extraer agregados de las diferentes canteras resulta necesario considerar el estado del material, tramo y cantidad de los agregados presentes en dichas canteras. Tomando en cuenta estas consideraciones iniciales se proceden con la exploración de las canteras, identificando el tipo de material sacado, para lo cual se elabora un registro de excavación. Los agregados representan el producto básico en la elaboración del concreto; el cual se usa extensamente para los proyectos civiles. Es por ello, que sus usos deben garantizar el buen funcionamiento de las estructuras.

b. Clasificación de las canteras

De acuerdo al tipo de exploración

Canteras a Cielo Abierto: Se encuentran en montañas, y los depósitos de materiales se encuentran relativamente cerca de la superficie del terreno.

En corte: Cuando la piedra es extraída debajo de la superficie en profundidades cortas.

Canteras Subterráneas.

De acuerdo al material a explotar

Canteras con material consolidado o roca.

Canteras con material no consolidado; entre ellos los suelos, agregados y arcillas.

c. Procesos realizados en las canteras

Para construir edificaciones el material que se va usar en el concreto debe tener los siguientes requisitos: ensayos de mecánica de suelos y estar libres de material fino por lo que se someten a diferentes procedimientos los cuales son:

Limpieza: Implica extraer las ramas, separar los finos y otros restos. Para este proceso se humedece al material y posteriormente se procede a su secado.

Triturado: Necesario para poder clasificar al agregado a través de un diámetro máximo, por lo que se debe quebrar la roca con trituradoras.

Clasificación: Para ello se realiza un cribado del material obtenido, que nos permite separar los materiales por diámetros.

3.1.2 Agregados

Los agregados son partículas de diferentes tamaños extraídos a cielo abierto en forma de suelos, gravas y arenas o por medio de demolición de rocas. Tanto los agregados extraídos naturalmente como triturados presentan comportamientos diferentes en los sistemas constructivos.

Los agregados están presentes en más del 70% de la masa del concreto. Las características principales de los agregados son las siguientes:

Tamaño Máximo: Se refiere al tamaño de agregado que es retenido por el menor tamiz.

Tamaño Nominal Máximo: Se refiere al tamaño de agregado donde se retiene por primera vez.

Módulo de Fineza: de acuerdo al procedimiento de Duff Abrams, el módulo de fineza del material se establece utilizando un promedio que se encuentra en la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Acumulados retenidos (11/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100)}}{100}$$

a. Propiedades físicas de los agregados

Densidad: Se relaciona con la gravedad específica y porosidad de las partículas sólidas de los agregados. Los concretos de alto y bajo peso unitario depende directamente de esta propiedad de los agregados. Por el contrario, las bajas densidades están presentes en los materiales muy porosos, débiles y con alta absorción.

Porosidad: Es una de las propiedades más importantes de los agregados y es el espacio vacío que no está ocupado por materia sólida en las partículas de agregados. Es decir, es la capacidad que tienen los agregados para absorber la humedad.

Esta propiedad influye en las propiedades químicas, gravedad específica, y demás propiedades presentes en la elaboración y manejo del concreto.

Peso unitario: Este valor resulta de dividir la masa de los agregados entre la cantidad total del agregado incorporando los vacíos. El método para determinar el peso unitario se encuentra estandarizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Este resultado se emplea para realizar las conversiones de pesos a volúmenes y viceversa. Por esto, un agregado grueso cuyo peso unitario es alto indica que tiene escasos huecos por llenar con arena y el material ligante.

Porcentaje de vacíos: Es el volumen de los espacios vacíos que se encuentran entre las partículas de los agregados, esta expresado en porcentaje y depende directamente de como se acomodan las partículas, por lo que su valor es relativo.

Contenido de humedad: Es el total de agua superficial que retienen las partículas, influye en la elaboración de la mezcla de concreto porque este valor determina la cantidad de agua necesaria para la misma.

b. Propiedades químicas de los agregados

Relación álcali-sílice: Los álcalis dentro del cemento están compuestos por $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}$ (óxido de sodio y potasio) los cuales reaccionan a ciertos minerales en determinadas condiciones de temperatura y humedad, creando un coloide expansivo.

Relación álcali-carbonatos: Es provocado por la acción de los carbonatos que se encuentran en las rocas, originando compuestos expansivos, los agregados de nuestro país no presentan este tipo de reacciones.

c. Propiedades mecánicas de los agregados

Resistencia: La composición, estructura y textura inciden en la resistencia de los agregados y esta debe ser mayor a la resistencia del concreto.

Tenacidad: La resistencia al impacto que presentan los agregados está ligado directamente a la tenacidad presente en los mismos. La tenacidad se relaciona con la deformación, angularidad y estructura del material.

Dureza: Es la característica de los agregados que se mide por la resistencia a al deterioro, abrasión y al desgaste. La dureza de los materiales varía de acuerdo a su constitución. Los agregados necesarios para la elaboración de concreto deben ser resistentes a la abrasión y erosión.

Módulo de elasticidad: Es la variación de esfuerzos que muestran los materiales con relación a la deformación elástica, es decir, es el valor que tiene la resistencia del agregado cuando es sometido a deformaciones. El concreto experimenta deformaciones, motivo por el cual resulta indispensable

determinar las elasticidades a los agregados para que ambas estén acordes al diseño.

Además, el módulo de elasticidad de los agregados afecta el escurrimiento plástico y las contracciones que se presentan en el concreto.

3.1.3 Agregado fino

El agregado fino es el material que atraviesa el tamiz N° 04 y es conservado por el tamiz N° 200. Para ser utilizados en la elaboración del concreto, los agregados finos deben cumplir ciertos requisitos como: ser partículas durables, resistentes limpias sin recubrimiento de arcilla para no afectar la hidratación y adherencia cuando se une al cemento.

a. Granulometría

La granulometría más adecuada en los agregados finos, está ligado tipo de elemento estructural donde se va a emplear el concreto, la composición de la pasta y el tamaño nominal del agregado grueso.

Para elaboración de concreto pobres, donde se usan agregados gruesos de menor tamaño al requerido, la granulometría del agregado fino es la que más se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada tamiz.

Por lo general, si las proporciones de agua cemento son constantes y la proporción de los agregados finos y gruesos son calculados apropiadamente, entonces la granulometría del agregado fino puede presentar un amplio rango sin que este produzca un efecto considerable en la resistencia del mismo.

Mientras más uniforme sea la granulometría de los agregados finos, mayor será la economía al momento de elaborar la mezcla de concreto.

Por lo general en la mayoría de las mezclas de concreto, la granulometría de los agregados finos cumple con los valores establecidos en la norma ASTM C33. Los valores que establece dicha norma son los siguientes:

Tabla 2

Valores para granulometría de agregados finos (Norma ASTM C33)

TAMAÑO DE LA MALLA	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO
9.52 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
0.60 mm (N° 30)	25 a 60
0.30 mm (N° 50)	10 a 30
0.15 mm (N° 100)	2 a 10

En la tabla 2 observamos, que la trabajabilidad de un concreto siempre se va ver afectado por el porcentaje de agregado fino que atraviesa los tamices N° 50 y N° 100. De acuerdo a la tabla anterior el límite permisible de porcentaje de agregados que pueden pasar por el tamiz N° 50 oscila entre el 10% y 30%. Para el caso de concreto en pavimentos el porcentaje de fino puede llegar a ser hasta un 10% que pase por el tamiz N° 50 y un 2% que pase por el tamiz N° 100. Sin embargo, para concretos usados en pisos de edificaciones donde se requiere una textura más tersa, debe usarse un material fino; que como mínimo contenga un 15% que pasa por el tamiz N° 50 y al menos un 3% que pasa por el tamiz N° 100.

Para que un ensayo granulométrico por medio de tamices sea determinado como correcto, este debe presentar un error que puede oscilar entre 1% hasta 5%, siendo estos valores el mínimo y máximo permitidos. En caso de no estar dentro del rango antes mencionado, el ensayo granulométrico debe volver a elaborarse.

El material se tamizo en diferentes recipientes para separar el material por tamaños, debido a lo fácil y sencillo que resulta realizar el ensayo.

b. Módulo de finura

El valor del módulo de finura (FM) de los agregados finos se determina, teniendo en cuenta la norma ASTM C125, la cual indica que este valor se obtiene de la sumatoria de los porcentajes acumulados en peso del material retenido en una serie establecida de tamices y dividiendo la sumatoria entre 100. Los tamices utilizados para encontrar el módulo de finura son los de 0.15mm, 0.30mm, 0.60mm, 1.18mm, 2.36mm, 4.75mm, 9.52mm, 19.05mm, 38.10mm, 76.20mm y 152.40mm.

El módulo de finura es una cuantía que indica la finura del agregado fino y tiene una relación directa con la proporción del agregado grueso necesario en la mezcla, por eso, cuanto más grande es el módulo de finura, mayor es el espesor que debe tener el agregado a emplear en la mezcla.

Teniendo en cuenta la norma ASTM C125 para obtener el módulo de finura, entonces el módulo de finura puede ser igual para diferentes granulometrías de agregados finos. Este módulo de finura es importante porque ayuda a determinar las cantidades de los agregados finos y gruesos en la elaboración del concreto.

c. Densidad relativa

La densidad relativa o peso específico de los agregados es el cociente entre la masa en relación al peso de un volumen absoluto de agua. Este valor es empleado para poder proporcionar las mezclas de los concretos. La densidad relativa no depende directamente de la calidad de los agregados. Las densidades relativas de los agregados naturales por lo general oscilan entre 2.4 y 2.9.

d. Contenido de humedad

Es la masa de agua que es absorbida por los agregados debido a los poros que se encuentran en su superficie. Esta propiedad es importante ya que, si los agregados son capaces de asimilar agua, entonces la relación agua cemento efectivo se reduce y por otra parte si el agregado no es poroso aumentará esta relación. Por eso, si la correspondencia entre agua y cemento se reduce entonces el concreto pierde trabajabilidad y por el contrario si la relación aumenta entonces este disminuye la resistencia.

e. Peso volumétrico: suelto y compactado

El peso volumétrico, hace referencia al peso del agregado fino necesario para ocupar un contenedor de volumen unitario precisado. Un agregado se utiliza en la masa del concreto siempre y cuando su peso volumétrico oscila entre 1200kg/m³ a 1760kg/m³.

La presencia de poros en las fracciones de los agregados influye en la cantidad de concreto que se va utilizar en el diseño de mezcla. El contenido de espacios tanto para los agregados finos como los agregados gruesos generalmente varía entre 30% a 45% y entre 40% a 50% respectivamente.

Mientras el agregado presente angularidad en sus partículas y tenga una mala gradación entonces aumenta la presencia de vacíos del mismo. La norma ASTM C29 indica los criterios y procedimientos para encontrar el peso volumétrico con el contenido de vacíos de los agregados. Esta norma detalla los siguientes métodos: varillado, sacudido y vaciado con pala; la determinación del método a utilizar depende del tamaño máximo de agregado.

3.1.4 Agregado grueso

El agregado grueso es una grava, agrupación de gravas o material desmenuzado cuyas dimensiones sean generalmente mayores a 5mm pero que frecuentemente oscilan de 9.5mm y 38mm. Para que estos se utilicen en

construcciones civiles deben estar compuestos por partículas duraderas, limpias, duras y que estén libres de recubrimientos como arcilla u otro material fino que pueden dañar la hidratación y adherencia del cemento. El agregado grueso le da resistencia al concreto.

a. Granulometría

Al igual que para el agregado fino es deseable que la composición granulométrica del agregado grueso presente una gradación continua de tamaños dentro de su composición. Esta gradación no produce trabajabilidad en la mezcla de concreto; debido a que es la granulometría del agregado fino quien produce esta propiedad del concreto.

Por lo tanto, el agregado grueso puede presentar diferentes gradaciones en su granulometría sin que esto afecte la relación agua cemento necesario para la mezcla.

La norma ASTM E11 establece para el material grueso una gama de tamices que se indican a continuación: 6", 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", y N° 4.

b. Tamaño nominal máximo

El tamaño nominal máximo de un agregado es el mayor tamiz comercial donde se produce la retención del material. Por lo general el tamaño nominal máximo de las partículas se determinan en los agregados gruesos y deben cumplir las siguientes condiciones:

Deben atravesar libremente a través de las barras de refuerzo.

Su tamaño no debe exceder 1/3 del peralte de las losas.

c. Densidad relativa

La densidad relativa es el cociente que resulta de dividir el peso volumétrico de un agregado en condiciones saturadas y superficialmente seca y el peso de

un volumen igual de agua con igual temperatura. La densidad relativa es la gravedad específica de un agregado. Este valor no tiene unidades debido a que el cociente se realiza para dos magnitudes cuyas unidades son iguales.

d. Absorción

La absorción en los agregados gruesos sirve para determinar la cantidad de agua que se va a utilizar en la elaboración de la mezcla de concreto, además de los pesos exactos para la mezcla.

e. Contenido de humedad

Al igual que para los agregados finos el contenido de humedad es el porcentaje de agua que logran contener los agregados en determinadas situaciones. El Porcentaje de humedad puede llegar a ser más o menos que los porcentajes de absorción de los agregados. El porcentaje de humedad es el contenido de humedad expresado como porcentaje de la muestra seca. Debido a que los agregados en estado natural siempre se van a encontrar húmedos, es por ello, que resulta fundamental determinar su porcentaje de humedad para poder determinar las cantidades de la mezcla al momento de la elaboración del concreto.

f. Calidad de los agregados

Resulta importante determinar la calidad de los agregados tanto finos como gruesos debido a que estos ocupan entre el 60% y 70% del volumen de la mezcla de concreto, e inciden enormemente en las propiedades y características del concreto y en la permanencia del mismo.

Los problemas que pueden ocasionar el uso de agregados de mala calidad en las construcciones civiles son los siguientes: presencia de humedad y filtraciones en las paredes, disminución de la resistencia, cangrejeras en las columnas, vigas cimientos o zapatas y desperdicio de materiales.

3.1.5 Cemento

El cemento es un material de construcción compuesta de un polvo que, mezclado con el agua, arena, piedra u otro agregado forma una sustancia endurecida. Específicamente el cemento es un Clinker molido, el cual es elaborado a grandes temperaturas, esta mezcla contiene cal, alúmina, fierro y sílice en cantidades proporcionadas.

Los tipos de cemento portland son los siguientes:

Tipo I. Uso general, normado por ASTM C 150-84.

Tipo II y IIA. Cemento modificado, normado por ASTM C 150-84.

Tipo III y IIIA. Alta resistencia inicial, normada por ASTM C 150-84.

Tipo IV. Portland de bajo calor, normado por ASTM C 150-84.

Tipo V. Resistencia a sulfatos, normado por ASTM C 150-84.

Tipo IS e IS (MS). Portland de alto horno (Cemento de escoria), normado por ASTM C 595-83

Tipo IP, P y I (PM). Alta durabilidad, contiene puzolana natural, normado por ASTM C 595-83a.

Hidratación del cemento: Reacción por la cual el cemento Portland se convierte en un agente de enlace, esto es generado por procesos netamente químicos los cuales se producen durante la hidratación del concreto (curado), originando en el concreto propiedades mecánicas fundamentales en los elementos estructurales.

Finura: Es una propiedad fundamental del cemento que influye en la resistencia e hidratación del mismo. La finura del cemento es directamente proporcional a la rapidez con que se hidrata, es decir, mientras el cemento sea más fino este aumenta la rapidez para hidratarse, acelerando a su vez la

adquisición de la resistencia requerida. El efecto que produce el aumento de finura en el cemento se hace notar en los primeros 7 días de elaborado la mezcla del concreto obteniendo mayores resistencias en menor tiempo.

Paralelo a los beneficios que produce un cemento de mayor finura, este también presenta su contraparte que es el mayor costo económico que demanda su fabricación; además, que mientras un cemento sea más fino, entonces se deteriora más rápido en contacto con la intemperie.

3.1.6 Agua

El agua es una de los componentes más importantes en la elaboración de la mezcla del concreto debido a que desempeña la función de ligante entre los agregados y el cemento.

Por lo general se ve reflejada en la relación agua cemento que necesita un concreto y esto incide en la trabajabilidad del concreto, es por eso, que para usarla en la preparación de la mezcla y en el curado del concreto; no solamente es necesario conocer la cantidad apropiada sino también la calidad de agua que vamos a usar.

Su función principal es adicionarse con los agregados y el cemento para producir entre ellos una masa hidratada y trabajable en estado plástico.

La fluidez de la masa de concreto depende de la proporción de agua empleada en la mezcla. El volumen de agua utilizado en la mezcla del concreto al momento de endurecerse parte del agua se fija a la estructura y lo restante permanece libre.

Si aumentamos la cantidad de agua en un concreto, la parte que se fija a la estructura no cambia, por el contrario, el agua libre aumenta generando porosidad en el concreto endurecido; porosidad que se produce por la evaporación del agua libre.

El agua se utiliza en todos los procesos de endurecimiento del concreto desde el fraguado hasta su curado. El curado consiste en conservar al concreto en estado saturado para mantenerlo hidratado hasta obtener su máxima resistencia.

3.1.7 Concreto

El concreto es la combinación de agregados (arena y piedra), agua y cemento que al juntarse forman una mezcla de alta resistencia y trabajabilidad lo suficientemente resistentes para ser usadas en construcciones civiles.

Resistencia a la compresión: Una de las características más importantes del concreto es la resistencia a la compresión, siendo este el factor por el cual determinamos la calidad del mismo. La norma técnica peruana establece el ensayo de laboratorio necesario para encontrar la resistencia a la compresión de un concreto.

Este ensayo es la ruptura de probetas de concreto el cual consiste en rellenar una mezcla de concreto en un cilindro estándar de 15cm de diámetro y 30cm de alto, luego es sumergido en agua por un periodo de 28 días, finalmente con la ayuda de una maquina universal se le aplican fuerzas axiales para determinar su resistencia.

El valor obtenido de la resistencia del concreto en el ensayo de laboratorio no es determinante, debido a que este depende directamente de las condiciones en las que fue realizado.

Resistencia a la tracción: El comportamiento del concreto a cargas de tracción es débil, por lo general este esfuerzo varía desde 7% hasta 13% de la capacidad de compresión. El esfuerzo a la tracción es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión.

La tracción es un valor que se determina mediante un ensayo de laboratorio en el cual se utilizan moldes de 6" x 6" de sección transversal y 21" de longitud,

el concreto es vaciado dentro de los moldes en 07 capas de 3” respectivamente las cuales son compactadas con 50 golpes por capa, una vez llenado el molde lo emparejamos con un balaustre. Se dejan secar y se extraen los especímenes dentro de 24 horas para ser sumergidos por 20 días (proceso de curado). La norma ASTM C 78 establece los procedimientos para ensayar las probetas prismáticas o vigas. El método de ensayo a la resistencia por tracción se realiza usando una viga simple (probeta) en la cual se aplica una carga vertical en los dos tercios de su longitud.

3.2 Análisis situacional

En la ciudad de Rioja la extracción de materiales para agregado se realiza principalmente en los ríos Yuracyacu y Naranjillo. Estos agregados son obtenidos de canto rodado o por trituración de las rocas y son utilizados en la mayoría de construcciones civiles a nivel provincial. Los materiales obtenidos se diferencian por su forma las cuales tenemos: los cantos rodados de forma redondeada y lisas mientras que los agregados obtenidos por trituración de la roca presentan formas angulares (gravas y arenas)

Actualmente en la ciudad de Rioja se realizan construcciones civiles empleando agregados de las distintas canteras de la localidad, empero, los maestros y empresas dedicadas a la construcciones de edificaciones obtienen el mencionado material desconociendo sus características y propiedades generando un alto grado de inquietud cuando se realiza la elaboración de la mezcla de concreto, ya que el desconocimiento de las propiedades de los agregados no permite tener certeza el valor sobre la resistencia esperada.

Para obtener la resistencia que necesitamos los agregados deberían cumplir con ciertas características técnicas al momento de elaborar la mezcla de concreto, no obstante, ni los dueños de las canteras, ni los maestros de obra han realizado ensayos para conocer las características que mencionamos. Este hecho hace que no obtengamos la resistencia que se requiere para las estructuras a pesar de utilizar

agua potable, cemento de calidad y las proporciones de material necesarias para el concreto, llegando siempre a la misma conclusión que es la calidad de los agregados la que determino la resistencia, es por ello, que es importante determinar las características de los agregados tanto finos como gruesos.

Otro problema fundamental al momento de obtener la resistencia requerida para el concreto es la dosificación debido a que esta es asumida a través de la experiencia de los constructores o maestros de obra, sin tener en cuenta que una dosificación correcta varía entre cada cantera por las propiedades que tiene cada material en su estado natural.

Resulta necesario trabajar con concretos de calidad cuyas resistencias necesitadas sean las obtenidas después de realizar la mezcla debido a que la resistencia y durabilidad de las edificaciones dependen directamente de la calidad de este. Por lo tanto, es necesario conocer las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los agregados para realizar un buen diseño de mezcla con las cantidades y proporciones correctas de los materiales a utilizar en su elaboración.

Por lo tanto, resulta fundamental conocer las características y propiedades de los agregados finos y gruesos extraídos de las canteras de los ríos Yuracyacu y Naranjillo y así poder determinar si estos materiales cumplen con los requisitos establecidos en las normas técnicas del concreto. Esta investigación generará gran beneficio en los constructores, profesionales de la construcción, empresas constructores y usuarios ya que conocerán la calidad de los agregados con los que cuentan en las diferentes canteras. Además, conocerán con fiabilidad la dosificación necesaria para obtener las resistencias requeridas en sus proyectos, por lo que resulta económico debido a que no van a estar incrementando la cantidad de cemento para obtener mayores resistencias.

3.3 Alternativa de solución

Siendo el principal problema la incertidumbre por conocer la resistencia del concreto utilizado en las construcciones de nuestra localidad debido a que no conocemos las características de los agregados usados en la elaboración de la mezcla de concreto, entonces resulta necesario realizar ensayos de laboratorio a las canteras identificadas con la finalidad de conocer lo antes mencionado.

El presente estudio comenzara con la recolección de material de agregado fino y grueso de las canteras de los ríos Yuracyacu y Naranjillo a los cuales se les realizar ensayos granulométrico y ensayos de laboratorio de mecánica de suelos como humedad natural, limite líquido, plástico, entre otros a través de los cuales visualizaremos y analizaremos las diferencias que existen entre los agregados de las canteras que se encuentran en estudio.

Para las canteras mencionadas en el párrafo anterior, en la presente investigación se comenzará por el estudio de las propiedades de los agregados tanto finos como gruesos ya que estas propiedades son quienes determinan directamente la resistencia del concreto y las propiedades más sobresalientes son: la forma, el tamaño nominal máximo, tipo de agregado, solidez, textura, limpieza del agregado y su textura.

Además, con el estudio de mecánica de suelos se logrará determinar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. Una vez obtenidos los resultados se procederá a realizar un diseño de mezcla para concreto de resistencias de 175, 210 y 280 kg/cm² los cuales a través de su respectiva ruptura podrán ser determinados si cumplieron o no con las resistencias ensayadas.

Finalmente, este estudio reafirmara la influencia que tienen los agregados de distintas canteras en la resistencia del concreto, y de ese modo realizar el empleo correcto de los mismos.

3.4 Solución del problema

El desarrollo de la problemática planteada comenzara con una investigación bibliográfica de los temas relacionados a la calidad de los agregados y si influencia en la resistencia del concreto.

En primer lugar, se revisará conceptos importantes como: propiedades físicas, químicas y mecánicas de los agregados que son utilizados en la elaboración de mezcla para concretos de diferentes resistencias; la dosificación necesaria a través de un diseño de mezcla, así como también las características y propiedades del concreto en estado fresco como trabajabilidad, densidad, consistencia, fraguado, segregación. Por último, se estudiará las características y propiedades del concreto endurecido como permeabilidad, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, módulo de elasticidad, retracción, durabilidad entre otros.

Segundo se procederá a la extracción del material de las canteras (agregado grueso y agregado fino) en esta parte del proceso se tendrá en cuenta el origen del agregado y la forma de extracción de la materia prima que puede ser de canto rodado o través de un proceso de trituración. Con estos parámetros podremos identificar la variación de la resistencia de un concreto en relación a la procedencia de los agregados.

Por esta razón, se eligieron dos canteras cada una de ellas ubicadas en los ríos Yuracyacu y Naranjillo. De la cantera del río Yuracyacu ubicada en la localidad de Nueva Cajamarca se obtuvo material de canto rodado y material triturado de roca extraída del mismo río. En la cantera de Naranjillo de igual manera se extrajo material de canto rodado y triturado. Ambas canteras cuentan con deformaciones geológicas totalmente diferentes y depósitos aluviales de origen distinto.

Se realizarán ensayos con material de canto rodado y con material triturado para encontrar las diferencias entre el uso de un material y otro.

Como tercer paso se procederá a ensayar en un laboratorio de mecánica de suelos las muestras de material obtenido, donde determinaremos las características y propiedades de los agregados a estudiar. En la tabla 3 se muestran los ensayos a realizar en los agregados que están contemplados en el reglamento nacional de edificaciones Norma E.050: suelos y cimentaciones:

Tabla 3

Ensayos de laboratorio (NORMA E.050)

ENSAYO	NORMA APLICABLE
Contenido de humedad	NTP 339.127 (ASTM D2216)
Análisis granulométrico	NTP 339.128 (ASTM D422)
Límite Líquido y Límite Plástico	NTP 339.129 (ASTM D4318)
Peso Específico Relativo de Sólidos	NTP 339.131 (ASTM D854)
Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D2487)
Densidad Relativa *	NTP 339.137 (ASTM D4253)
Peso volumétrico de suelo cohesivo	NTP 339.139 (BS 1377)
Límite de Contracción	NTP 339.140 (ASTM D427)
Ensayo de Compactación Proctor Modificado	NTP 339.141 (ASTM D1557)
Descripción Visual-Manual	NTP 339.150 (ASTM D2488)
Contenido de Sales Solubles Totales en Suelos y Agua Subterránea	NTP 339.152 (BS 1377)
Consolidación Unidimensional	NTP 339.154 (ASTM D2435)
Colapsibilidad Potencial	NTP 339.163 (ASTM D5333)
Compresión no Confinada	NTP 339.167 (ASTM D2166)
Expansión o Asentamiento Potencial Unidimensional de Suelos Cohesivos	NTP 339.170 (ASTM D4546)
Corte Directo	NTP 339.171 (ASTM D3080)
Contenido de Cloruros Solubles en Suelos y Agua Subterránea	NTP 339.177 (AASHTO T291)
Contenido de Sulfatos Solubles en Suelos y Agua Subterránea	NTP 339.178 (AASHTO T290)

Una vez determinado las características y propiedades de los agregados como cuarto paso se procederán a realizar el cálculo para el diseño de mezcla del concreto y de esa manera determinar las proporciones de agua, cemento, agregado fino y agregado grueso necesarios para obtener las resistencias requeridas de 175,

210 y 280 kg/cm². En esta etapa se toman en cuenta los resultados obtenidos del diseño de mezcla, respetando en todo momento las cantidades de tal manera que no afecten la resistencia del concreto a ensayar.

Como quinto paso, se ensayarán 27 muestras de cada cantera, las cuales serán distribuidas de la siguiente manera: 09 probetas para verificar resistencias de 175 kg/cm², 09 probetas para 210 kg/cm² y 09 probetas para 280 kg/cm². Para ensayar estas probetas de concreto se elabora concreto con valores de dosificación obtenidos a partir de los resultados de laboratorio, con los agregados y calidad de agua óptimos. Una vez elaboradas las probetas se procede a extraer el espécimen 24 horas después, luego se le coloca en agua para mantener saturada la muestra y obtener su mayor resistencia.

En el procedimiento del curado del concreto se extraen probetas en el día vigésimo octavo para encontrar sus valores de resistencia a la compresión cuando fallen los cilindros en periodos de tiempo establecidos. Al ensayar tres muestras establecemos un promedio de las resistencias eliminando primero el de menor valor.

Todos los ensayos de mecánica de suelos antes mencionados deben realizarse en laboratorio de mecánica de suelos debidamente certificados con equipos totalmente calibrados.

Finalmente, con los resultados de laboratorio podremos establecer el mejor uso a los agregados que se obtienen de las canteras de los ríos Yuracyacu y Naranjillo; además conoceremos la dosificación correcta de acuerdo a la resistencia necesaria en el elemento estructural de las edificaciones disminuyendo significativamente los gastos que supone la elaboración del concreto. Los constructores, profesionales de la ingeniería, empresas constructoras y usuarios tendrán un documento donde pueden identificar las características de los agregados con los que cuentan en su localidad para realizar su mejor empleo o mejoramiento del mismo.

3.5 Recursos requeridos

Es necesario primero contar con recursos económicos para realizar la movilización a las canteras, el traslado del material al laboratorio, los gastos administrativos y ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.

Luego debemos contar con los permisos de los propietarios de las canteras de los ríos Yuracyacu y Naranjillo, además un amplio acceso dentro de la misma para ver los procesos de extracción y procesamiento de los agregados tanto finos como gruesos.

Dentro de los gastos administrativos podemos hacer referencia al empleo de laptop e impresora, y los insumos como hojas A4, tinta para la impresora, y demás útiles de escritorio necesarios para documentar toda la información recabada.

Como parte importante también se necesita el asesoramiento de profesional capacitado en la presente investigación como son especialistas en mecánica de suelos. Y por último es necesaria la infraestructura apropiada para realizar los ensayos, es decir, un laboratorio de mecánica de suelos implementado que nos permita realizar todos los ensayos en un solo lugar; de esa manera el material extraído de las canteras no se está moviendo de un lugar a otro.

IV. ANALISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADO

4.1. Resultados de las propiedades de los agregados

Los materiales se ensayaron en el laboratorio de mecánica de suelos del Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM) bajo los estándares establecidos en las normas.

Tabla 4

Propiedades de los agregados (Cantera del río Yuracyacu)

PERFIL	AGREGADO FINO ARENA GRUESA	AGREGADO GRUESO PIEDRA CHANCADA
Peso Específico de Masa	2.58 g/cm ³	2.54 g/cm ³
Peso Específico SSS	2.64 g/cm ³	2.60 Kg/m ³
Peso Específico Aparente	2.73 g/cm ³	2.70 Kg/m ³
Absorción	1.92%	2.26%
Peso Unitario Suelto	1316.67 Kg/m ³	1347.88 Kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1463.88 Kg/m ³	1455.46 Kg/m ³
Contenido de Humedad	11.63%	2.92%
Módulo de Fineza	3.05	-
Tamaño Máximo Nominal	Tamiz N° 04	1"
Desgaste de abrasión de los Ángeles	-	22.82

La tabla 4 muestra el cuadro con las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que se utilizan como agregados finos y gruesos de las canteras del río Yuracyacu. Se puede apreciar que los porcentajes de absorción son 1.92% y 2.26% para agregado grueso y fino respectivamente; estos valores indican que sus partículas absorben bastante agua lo cual hace que la mezcla sea menos trabajable y necesite mayor proporción de agua.

Tabla 5

Propiedades de los agregados (Cantera del río Naranjillo)

PERFIL	AGREGADO FINO ARENA GRUESA	AGREGADO GRUESO PIEDRA CHANCADA
Peso Específico de Masa	2.62 g/cm ³	2.58 g/cm ³
Peso Específico SSS	2.66 g/cm ³	2.60 Kg/m ³
Peso Específico Aparente	2.73 g/cm ³	2.64 Kg/m ³
Absorción	1.65%	0.92%
Peso Unitario Suelto	1641.06 Kg/m ³	1514.05 Kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1813.07 Kg/m ³	1542.20 Kg/m ³
Contenido de Humedad	7.61%	2.21%
Módulo de Fineza	2.97	-
Tamaño Máximo Nominal	Tamiz N° 04	1"
Desgaste de abrasión de los Ángeles	-	24.01

La tabla 5 muestra el cuadro de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados finos y gruesos de las canteras del río Naranjillo. Se puede apreciar que los pesos unitarios de los agregados varían entre 1514.05Kg/m³ y 1813.07Kg/m³; estos valores indican que los agregados presentan resistencias altas; las cuales están directamente relacionadas a la resistencia del concreto.

4.2. Resultados de ensayos granulométricos

Tabla 6

Granulometría de agregado fino (Cantera del río Yuracyacu)

N° TAMIZ	UNIDAD	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO	% QUE PASA
3/8"	Kg.	0.00	0.000%	0.000%	100.000%
N° 04	Kg.	0.18	5.495%	5.495%	94.517%
N° 08	Kg.	0.24	8.242%	13.737%	86.252%
N° 16	Kg.	0.65	21.382%	35.119%	64.893%
N° 30	Kg.	0.87	29.377%	64.495%	35.493%
N° 50	Kg.	0.71	23.357%	87.852%	12.159%
N° 100	Kg.	0.26	9.093%	96.945%	3.043%
N° 200	Kg.	0.08	2.327%	99.272%	0.738%
FONDO	Kg.	0.01	0.728%	100.000%	0.000%
SUMA	Kg.	3.01	100.000%		

La tabla 6 muestra la cantidad de material retenido y acumulado expresado en porcentajes que pasan por cada tamiz, este ensayo se realizó de acuerdo a los parámetros establecido por la NTP 339.07 y la norma ASTM C-33.

Tabla 7

Límites de granulometría para el agregado fino (Cantera del río Yuracyacu)

MALLA O TAMIZ	% QUE PASA (ACUMULATIVO)		% QUE PASA EN EL DISEÑO	CUMPLE CON LAS NTP 400.037
3/8" = 9.5mm	100	100	100.00	CUMPLE
N° 04 = 4.75mm	95	100	94.52	NO CUMPLE
N° 08 = 2.36mm	80	100	86.25	CUMPLE
N° 16 = 1.18mm	50	85	64.89	CUMPLE
N° 30 = 0.60mm	25	60	35.49	CUMPLE
N° 50 = 0.30mm	10	30	12.16	CUMPLE
N° 100 = 0.15mm	2	10	3.04	CUMPLE
N° 200	0	2	0.74	CUMPLE

En la tabla 7 se puede verificar que el material fino de la cantera del río Yuracyacu presenta valores inferiores a los de la NTP 400.037, ya que el porcentaje que pasa a través del tamiz N° 4 es menor al que se encuentra establecido en la norma, por lo que la mezcla de concreto no es del todo apropiada. Esto repercute en las características de trabajabilidad en el concreto fresco.

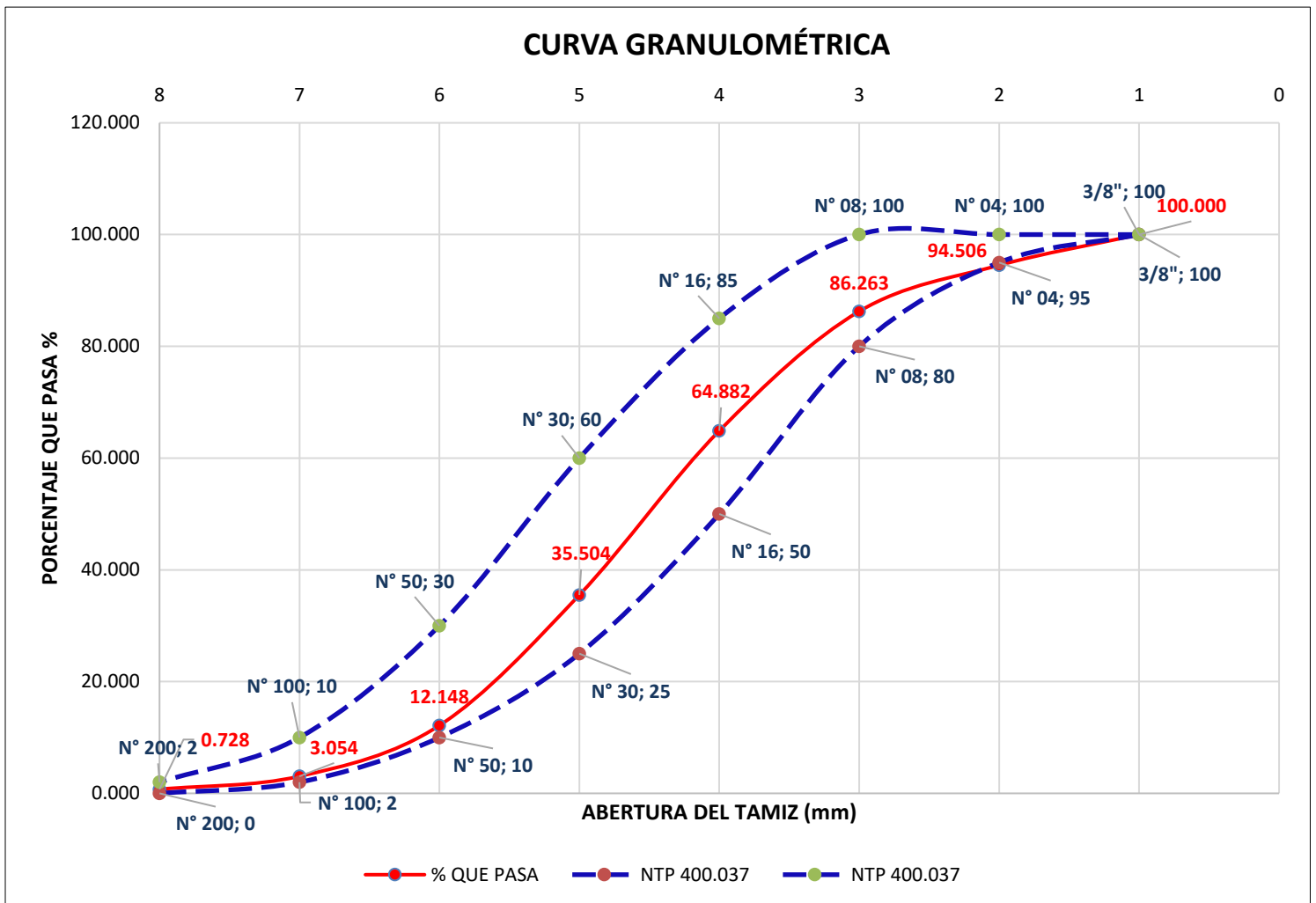


Figura 1

Curva granulométrica del agregado fino (Cantera del río Yuracyacu)

FUENTE: Elaboración propia

De la figura 1 podemos determinar que la granulometría que presenta el agregado fino de la cantera del río Yuracyacu no se encuentra bien graduada lo que reitera nuevamente que su uso para la elaboración de concreto es poco recomendable.

Tabla 8

Granulometría de agregado grueso (Cantera del río Yuracyacu)

N° TAMIZ	UNIDAD	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	Kg.	0.00	0.000%	0.000%	100.000%
1"	Kg.	0.79	15.700%	15.700%	84.300%
3/4"	Kg.	2.27	45.500%	61.200%	38.800%
1/2"	Kg.	1.02	20.300%	81.500%	18.500%
3/8"	Kg.	0.76	15.300%	96.800%	3.200%
N° 04	Kg.	0.07	1.200%	98.000%	2.000%
FONDO	Kg.	0.09	2.000%	100.000%	0.000%
SUMA	Kg.	5.01	100.000%		

La tabla 8 muestra la cantidad de material retenido y acumulado que pasan por cada tamiz desde 1 1/2" hasta el N°04 expresados en porcentajes, este ensayo se realizó con los parámetros dados por la NTP 339.07 y ASTM C-33.

Tabla 9

Límites de granulometría para el agregado grueso (Cantera del río Yuracyacu)

MALLA O TAMIZ	% QUE PASA (ACUMULATIVO)		% QUE PASA EN EL DISEÑO	CUMPLE CON LAS NTP 400.037
1 1/2" = 38.10mm	100	100	100.00	CUMPLE
1" = 25.10mm	90	100	84.30	NO CUMPLE
3/4" = 19.05mm	40	85	38.80	NO CUMPLE
1/2" = 12.70mm	10	40	18.50	CUMPLE
3/8" = 9.50mm	0	15	3.20	CUMPLE
N° 04 = 4.75mm	0	5	2.00	CUMPLE

En la tabla 9 se corrobora que el material fino de la cantera del río Yuracyacu presenta valores inferiores a los indicados en la NTP 400.037, esto indica que el porcentaje que pasa por el tamiz de 1" y 3/4" es menor al que se encuentra establecido en la norma, por lo que resulta inapropiado su uso en la elaboración de concreto. Esto repercute en las características de trabajabilidad en el concreto fresco.

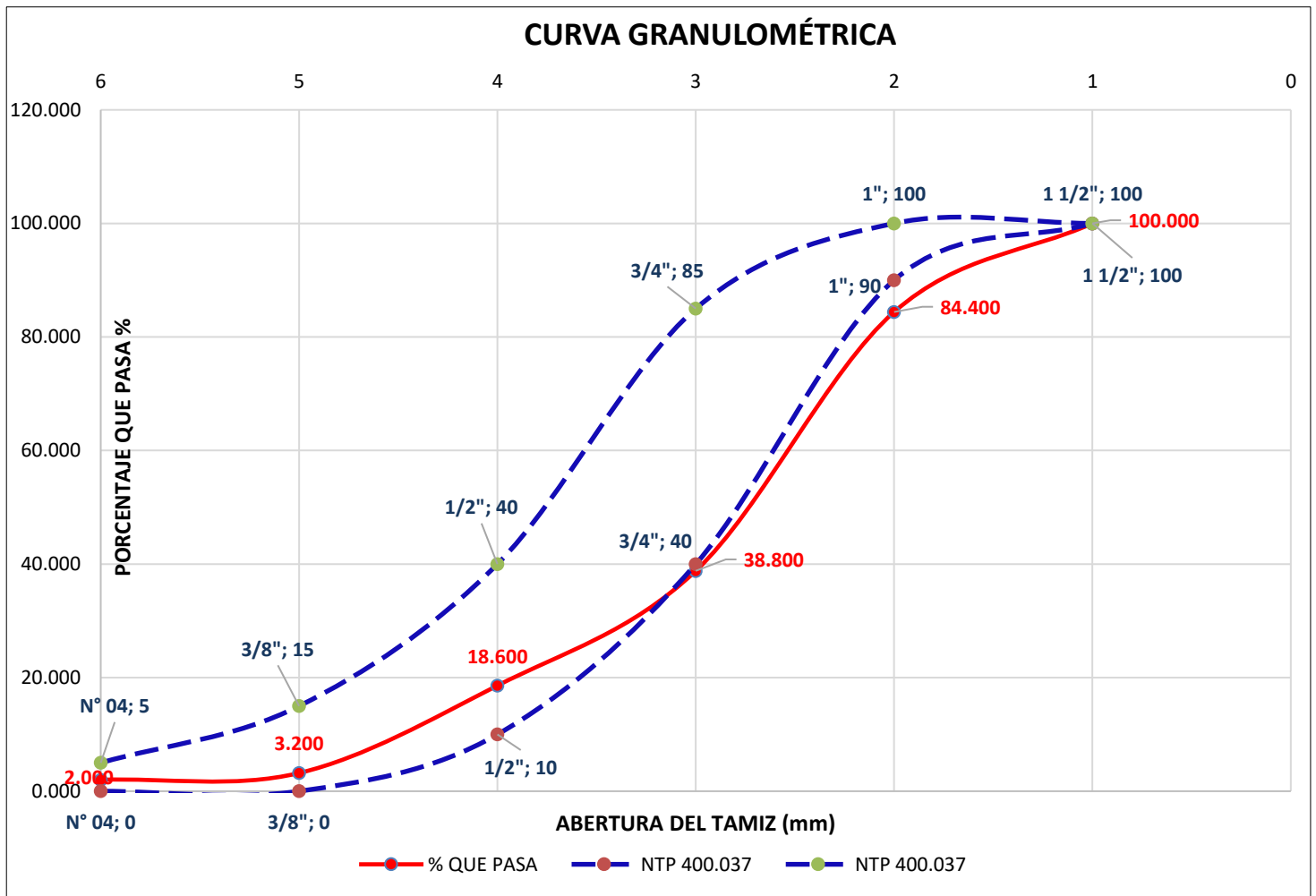


Figura 2

Curva granulométrica del agregado grueso (Cantera del río Yuracyacu)

FUENTE: Elaboración propia

De la figura 2 podemos determinar que la granulometría que presenta el agregado grueso de la cantera del río Yuracyacu no se encuentra bien graduada lo que reitera nuevamente que su uso para la elaboración de concreto es poco recomendable. La mala gradación del agregado grueso es debido a que presenta más partículas finas.

Tabla 10

Granulometría de agregado fino (Cantera del río Naranjillo)

N° TAMIZ	UNIDAD	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO	% QUE PASA
3/8"	Kg.	0.00	0.000%	0.000%	100.000%
N° 04	Kg.	0.10	3.345%	3.345%	96.655%
N° 08	Kg.	0.29	9.698%	13.043%	86.957%
N° 16	Kg.	0.82	27.426%	40.469%	59.531%
N° 30	Kg.	0.66	22.073%	62.542%	37.458%
N° 50	Kg.	0.58	19.399%	81.941%	18.059%
N° 100	Kg.	0.41	13.711%	95.652%	4.348%
N° 200	Kg.	0.10	3.346%	98.998%	1.002%
FONDO	Kg.	0.03	1.002%	100.000%	0.000%
SUMA	Kg.	2.99	100.000%		

La tabla 10 muestra los valores porcentuales de material retenido y acumulado que atraviesan por cada tamiz, este ensayo se realizó con los parámetros dados por la NTP 339.07 y ASTM C-33.

Tabla 11

Límites de granulometría para el agregado fino (Cantera del río Naranjillo)

MALLA O TAMIZ	% QUE PASA (ACUMULATIVO)		% QUE PASA EN EL DISEÑO	CUMPLE CON LAS NTP 400.037
3/8" = 9.5mm	100	100	100.00	CUMPLE
N° 04 = 4.75mm	95	100	96.65	CUMPLE
N° 08 = 2.36mm	80	100	86.96	CUMPLE
N° 16 = 1.18mm	50	85	59.53	CUMPLE
N° 30 = 0.60mm	25	60	37.46	CUMPLE
N° 50 = 0.30mm	10	30	18.06	CUMPLE
N° 100 = 0.15mm	2	10	4.35	CUMPLE
N° 200	0	2	1.00	CUMPLE

En la tabla 11 se puede verificar que el material de agregado fino cumple con los valores que la NTP 400.037 establece; por lo que es adecuado su empleo en elaboración de concretos, generando trabajabilidad en el concreto fresco.

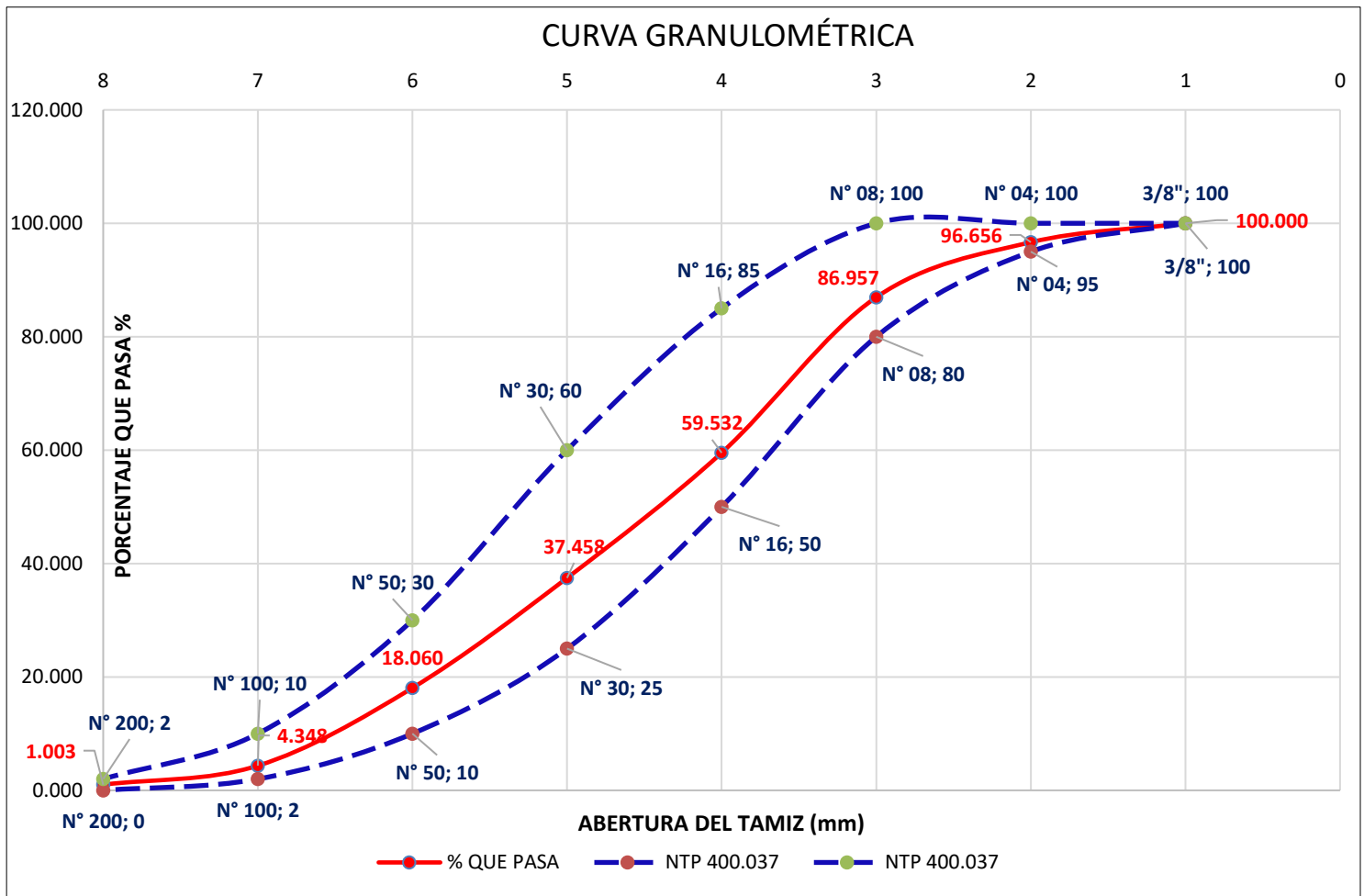


Figura 3

Curva granulométrica del agregado fino (Cantera del río Naranjillo)

FUENTE: Elaboración propia

De la figura 3 podemos determinar que la granulometría que presenta el agregado fino de la cantera del río Naranjillo está bien graduada lo que reitera nuevamente que su uso para la elaboración de concreto es recomendable.

Tabla 12

Granulometría de agregado grueso (Cantera del río Naranjillo)

Nº TAMIZ	UNIDAD	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	Kg.	0.00	0.000%	0.000%	100.000%
1"	Kg.	0.38	7.500%	7.500%	92.500%
3/4"	Kg.	1.73	34.700%	42.200%	57.800%
1/2"	Kg.	1.82	36.300%	78.500%	21.500%
3/8"	Kg.	0.52	10.500%	89.000%	11.000%
Nº 04	Kg.	0.40	7.900%	96.900%	3.100%
FONDO	Kg.	0.15	3.100%	100.000%	0.000%
SUMA	Kg.	4.99	100.000%		

En la tabla 12 se muestra el valor porcentual de material retenido y acumulado que pasan por cada tamiz, este ensayo se realizó con los parámetros recomendados por la NTP 339.07 y ASTM C-33.

Tabla 13

Límites de granulometría para el agregado grueso (Cantera del río Naranjillo)

MALLA O TAMIZ	% QUE PASA (ACUMULATIVO)		% QUE PASA EN EL DISEÑO	CUMPLE CON LAS NTP 400.037
1 1/2" = 38.10mm	100	100	100.00	CUMPLE
1" = 25.10mm	90	100	92.50	CUMPLE
3/4" = 19.05mm	40	85	57.80	CUMPLE
1/2" = 12.70mm	10	40	21.50	CUMPLE
3/8" = 9.50mm	0	15	11.00	CUMPLE
Nº 04 = 4.75mm	0	5	3.10	CUMPLE

En la tabla 13 se comprueba que el material fino de la cantera del río Naranjillo satisface los valores de la NTP 400.037, logrando que su uso sea conveniente para la elaboración de concreto y generando trabajabilidad en el concreto fresco.

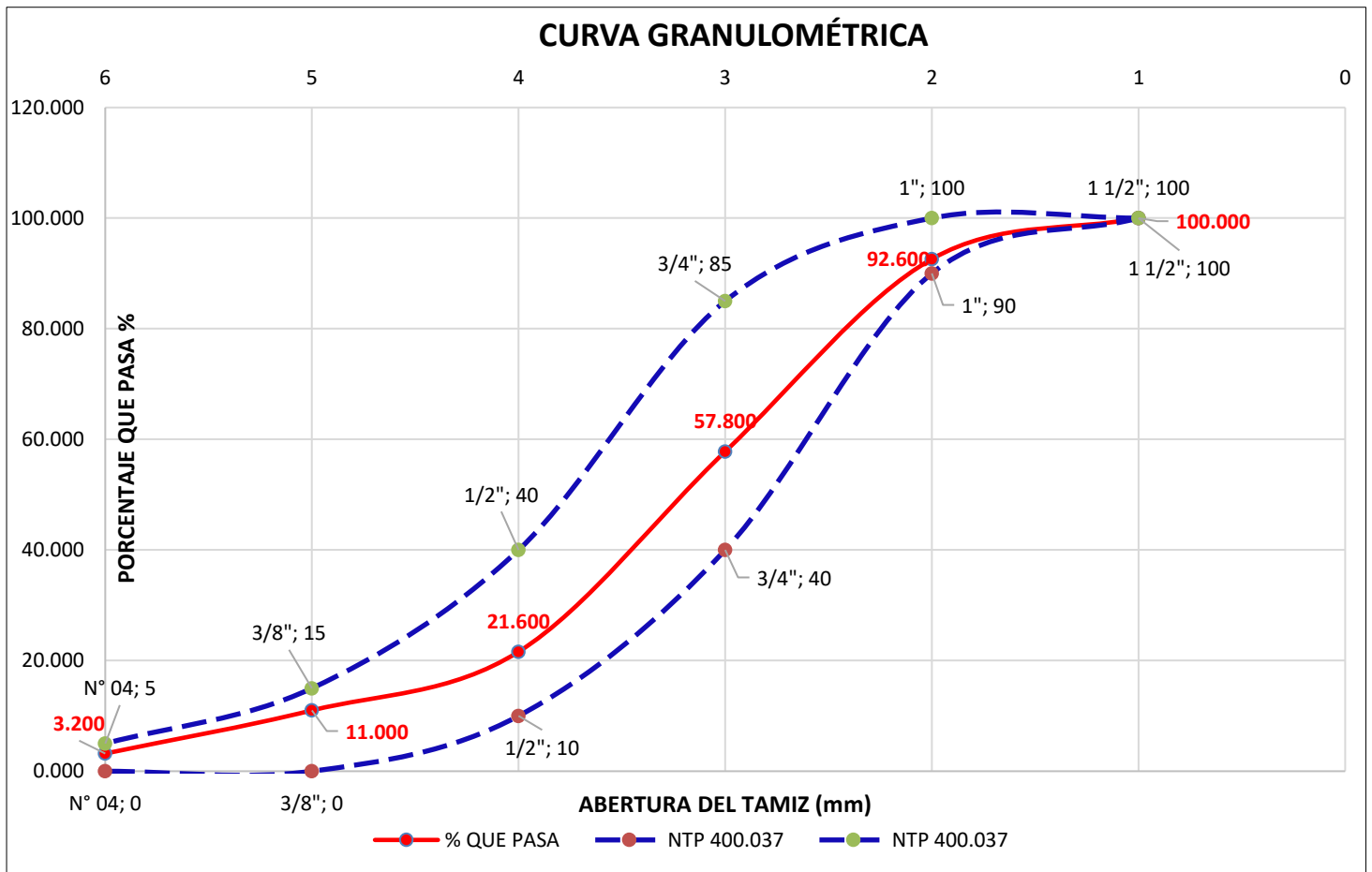


Figura 4

Curva granulométrica del agregado grueso (Cantera del río Naranjillo)

De la figura 4 podemos determinar que la granulometría que presenta el agregado fino de la cantera del río Naranjillo está bien graduada lo que reitera nuevamente que su uso para la elaboración de concreto es recomendable.

4.3. Resultados de diseño de mezcla

Tabla 14

Resumen de diseño de mezcla – dosificación (Cantera del río Yuracyacu)

RESISTENCIA	PESO SEGÚN RESISTENCIA REQUERIDA POR METRO CÚBICO		
	f'c = 175 Kg/cm ²	f'c = 210 Kg/cm ²	f'c = 280 Kg/cm ²
SLUMP	3 - 4 pulg	3 - 4 pulg	3 - 4 pulg
CEMENTO	310.51 Kg/m ³	350.09 Kg/m ³	383.86 Kg/m ³
AGREGADO FINO	972.84 Kg/m ³	940.21 Kg/m ³	909.09 Kg/m ³
AGREGADO GRUESO	966.92 Kg/m ³	979.14 Kg/m ³	979.14 Kg/m ³
AGUA EFECTIVA	104.34 Lt/m ³	91.59 Lt/m ³	94.41 Lt/m ³
PROPORCIÓN EN PESO	1.00 : 3.13 : 3.11 : 0.34	1.00 : 2.69 : 2.80 : 0.26	1.00 : 2.37 : 2.55 : 0.25

En la tabla 14 se muestra el resumen de las proporciones necesarias para elaborar concreto de resistencias de 175kg/cm², 210kg/cm² y 280kg/cm², los cuales fueron calculados con los valores granulométricos y propiedades de los agregados de la cantera del río Yuracyacu.

Tabla 15

Resumen de diseño de mezcla – dosificación (Cantera del río Naranjillo)

RESISTENCIA	PESO SEGÚN RESISTENCIA REQUERIDA POR METRO CÚBICO		
	f'c = 175 Kg/cm ²	f'c = 210 Kg/cm ²	f'c = 280 Kg/cm ²
SLUMP	3 - 4 pulg	3 - 4 pulg	3 - 4 pulg
CEMENTO	310.51 Kg/m ³	350.09 Kg/m ³	383.86 Kg/m ³
AGREGADO FINO	891.19 Kg/m ³	835.65 Kg/m ³	825.54 Kg/m ³
AGREGADO GRUESO	1029.31 Kg/m ³	1021.66 Kg/m ³	1029.31 Kg/m ³
AGUA EFECTIVA	132.67 Lt/m ³	162.41 Lt/m ³	136.31 Lt/m ³
PROPORCIÓN EN PESO	1.00 : 2.87 : 3.31 : 0.43	1.00 : 2.39 : 2.92 : 0.46	1.00 : 2.15 : 2.68 : 0.36

En la tabla 15 se muestra el resumen de las proporciones necesarias para elaborar concreto de resistencias de 175kg/cm², 210kg/cm² y 280kg/cm², los cuales fueron calculados con los valores granulométricos y propiedades de los agregados de la cantera del río Naranjillo.

4.4. Resultado de rotura de probetas

Tabla 16

Resultado de la ruptura de probetas de concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ usando agregado de la cantera del río Yuracyacu.

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	CARGA MÁXIMA (Kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	% RESISTENCIA
1	CANT. YUR. # 01	26/04/2019	28	33250.00	188.16 Kg/cm ²	107.52%
2	CANT. YUR. # 02	26/04/2019	28	33850.00	191.55 Kg/cm ²	109.46%
3	CANT. YUR. # 03	26/04/2019	28	30640.00	173.39 Kg/cm ²	99.08%
4	CANT. YUR. # 04	26/04/2019	28	30440.00	172.26 Kg/cm ²	98.43%
5	CANT. YUR. # 05	26/04/2019	28	32970.00	186.57 Kg/cm ²	106.61%
6	CANT. YUR. # 06	26/04/2019	28	34116.00	193.06 Kg/cm ²	110.32%
7	CANT. YUR. # 07	26/04/2019	28	33810.00	191.33 Kg/cm ²	109.33%
8	CANT. YUR. # 08	26/04/2019	28	34209.00	193.58 Kg/cm ²	110.62%
9	CANT. YUR. # 09	26/04/2019	28	33519.00	189.68 Kg/cm ²	108.39%

En la tabla 16 observamos el registro de las probetas, cuyas resistencias a los 28 días demuestran que 02 probetas obtuvieron resistencias menores a lo previsto y por el contrario 07 de las probetas ensayadas tuvieron un valor superior a 175kg/cm² contando con un valor promedio de 186.62 kg/cm².

Tabla 17

Resultado de la ruptura de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ usando agregado de la cantera del río Yuracyacu.

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	CARGA MÁXIMA (Kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	% RESISTENCIA
1	CANT. YUR. # 01	27/04/2019	28	37780.00	213.79 Kg/cm ²	101.81%
2	CANT. YUR. # 02	27/04/2019	28	38070.00	215.43 Kg/cm ²	102.59%
3	CANT. YUR. # 03	27/04/2019	28	40208.00	227.53 Kg/cm ²	108.35%
4	CANT. YUR. # 04	27/04/2019	28	40020.00	226.47 Kg/cm ²	107.84%
5	CANT. YUR. # 05	27/04/2019	28	39670.00	224.49 Kg/cm ²	106.90%
6	CANT. YUR. # 06	27/04/2019	28	36510.00	206.60 Kg/cm ²	98.38%
7	CANT. YUR. # 07	27/04/2019	28	40440.00	228.84 Kg/cm ²	108.97%
8	CANT. YUR. # 08	27/04/2019	28	40550.00	229.47 Kg/cm ²	109.27%
9	CANT. YUR. # 09	27/04/2019	28	40309.00	228.10 Kg/cm ²	108.62%

En la tabla 17 observamos el registro de las probetas, cuyas resistencias a los 28 días demuestran que solamente 01 probeta obtuvo una resistencia de 206.60 kg/cm² lo cual es menor a lo previsto y por el contrario 08 de las probetas ensayadas tuvieron un valor superior a 210kg/cm² contando con un valor promedio de 222.30 kg/cm².

Tabla 18

Resultado de la ruptura de probetas de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ usando agregado de la cantera del río Yuracyacu.

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DÍAS)	CARGA MÁXIMA (Kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	% RESISTENCIA
1	CANT. YUR. # 01	19/05/2019	28	50287.00	284.56 Kg/cm ²	101.63%
2	CANT. YUR. # 02	19/05/2019	28	49010.00	277.34 Kg/cm ²	99.05%
3	CANT. YUR. # 03	19/05/2019	28	51365.00	290.67 Kg/cm ²	103.81%
4	CANT. YUR. # 04	19/05/2019	28	53072.00	300.33 Kg/cm ²	107.26%
5	CANT. YUR. # 05	19/05/2019	28	53270.00	301.45 Kg/cm ²	107.66%
6	CANT. YUR. # 06	19/05/2019	28	51776.00	292.99 Kg/cm ²	104.64%
7	CANT. YUR. # 07	19/05/2019	28	53201.00	301.06 Kg/cm ²	107.52%
8	CANT. YUR. # 08	19/05/2019	28	53503.00	302.76 Kg/cm ²	108.13%
9	CANT. YUR. # 09	19/05/2019	28	48797.00	276.14 Kg/cm ²	98.62%

En la tabla 18 observamos el registro de las probetas, cuyas resistencias a los 28 días demuestran que 02 probetas obtuvieron resistencias menores a lo previsto y por el contrario 07 de las probetas ensayadas tuvieron un valor superior, contando con un valor promedio de 291.92 kg/cm².

Tabla 19

Resultado de la ruptura de probetas de concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ usando agregado de la cantera del río Naranjillo.

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	CARGA MÁXIMA (Kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	% RESISTENCIA
1	CANT. NAR. # 01	26/04/2019	28	35203.00	199.21 Kg/cm ²	113.83%
2	CANT. NAR. # 02	26/04/2019	28	36241.00	205.08 Kg/cm ²	117.19%
3	CANT. NAR. # 03	26/04/2019	28	35371.00	200.16 Kg/cm ²	114.38%
4	CANT. NAR. # 04	26/04/2019	28	34465.00	195.03 Kg/cm ²	111.45%
5	CANT. NAR. # 05	26/04/2019	28	35400.00	200.32 Kg/cm ²	114.47%
6	CANT. NAR. # 06	26/04/2019	28	35320.00	199.87 Kg/cm ²	114.21%
7	CANT. NAR. # 07	26/04/2019	28	35162.00	198.97 Kg/cm ²	113.70%
8	CANT. NAR. # 08	26/04/2019	28	35891.00	203.10 Kg/cm ²	116.06%
9	CANT. NAR. # 09	26/04/2019	28	35852.00	202.88 Kg/cm ²	115.93%

En la tabla 19 observamos el registro de las probetas, cuyas resistencias a los 28 días demuestran que las 09 probetas ensayadas tuvieron un valor superior, contando con un valor promedio de 200.51 kg/cm².

Tabla 20

Resultado de la ruptura de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ usando agregado de la cantera del río Naranjillo.

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	CARGA MÁXIMA (Kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	% RESISTENCIA
1	CANT. NAR. # 01	27/04/2019	28	40550.00	229.47 Kg/cm ²	109.27%
2	CANT. NAR. # 02	27/04/2019	28	41383.00	234.18 Kg/cm ²	111.51%
3	CANT. NAR. # 03	27/04/2019	28	40755.00	230.63 Kg/cm ²	109.82%
4	CANT. NAR. # 04	27/04/2019	28	41918.00	237.21 Kg/cm ²	112.96%
5	CANT. NAR. # 05	27/04/2019	28	40715.00	230.40 Kg/cm ²	109.71%
6	CANT. NAR. # 06	27/04/2019	28	41633.00	235.59 Kg/cm ²	112.19%
7	CANT. NAR. # 07	27/04/2019	28	41767.00	236.35 Kg/cm ²	112.55%
8	CANT. NAR. # 08	27/04/2019	28	40671.00	230.15 Kg/cm ²	109.59%
9	CANT. NAR. # 09	27/04/2019	28	42493.00	240.46 Kg/cm ²	114.51%

En la tabla 20 observamos el registro de las probetas, cuyas resistencias a los 28 días demuestran que las 09 probetas ensayadas tuvieron un valor superior, contando con un valor promedio de 233.83 kg/cm².

Tabla 21

Resultado de la ruptura de probetas de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ usando agregado de la cantera del río Naranjillo.

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DÍAS)	CARGA MÁXIMA (Kgf)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	% RESISTENCIA
1	CANT. NAR. # 01	27/04/2019	28	55571.00	314.47 Kg/cm ²	112.31%
2	CANT. NAR. # 02	27/04/2019	28	54587.00	308.90 Kg/cm ²	110.32%
3	CANT. NAR. # 03	27/04/2019	28	54750.00	309.82 Kg/cm ²	110.65%
4	CANT. NAR. # 04	27/04/2019	28	54468.00	308.22 Kg/cm ²	110.08%
5	CANT. NAR. # 05	27/04/2019	28	55418.00	313.60 Kg/cm ²	112.00%
6	CANT. NAR. # 06	27/04/2019	28	54616.00	309.06 Kg/cm ²	110.38%
7	CANT. NAR. # 07	27/04/2019	28	55987.00	316.82 Kg/cm ²	113.15%
8	CANT. NAR. # 08	27/04/2019	28	55220.00	312.48 Kg/cm ²	111.16%
9	CANT. NAR. # 09	27/04/2019	28	54502.00	308.42 Kg/cm ²	110.15%

En la tabla 21 observamos el registro de las probetas, cuyas resistencias a los 28 días demuestran que las 09 probetas ensayadas tuvieron un valor superior, contando con un valor promedio de 311.31 kg/cm².

V. CONCLUSIONES

La evaluación de las propiedades de los agregados de las principales canteras del distrito de Rioja ayudó a conocer la resistencia del concreto que es utilizado en la construcción de edificaciones dentro de la localidad, a través de los ensayos granulométricos y ensayos de mecánica de suelos logramos determinar las características de los agregados finos y gruesos de las dos canteras. La cantera del río Yuracyacu presentó deficiencias en las características de sus agregados lo cual influyo en la resistencia del concreto, por el contrario, la cantera del río Naranjillo cumplió al 100% de los parámetros establecidos para dichos ensayos y esto repercutió en los resultados de la resistencia del concreto que sobrepasaron el valor establecido.

Con la evaluación de las propiedades físicas de los agregados de las principales canteras del distrito de Rioja, se logró determinar su relación con la resistencia del concreto que es utilizado en la instauración de edificaciones. Las propiedades físicas de ambas canteras están dentro de los parámetros permitidos por la norma técnica peruana (Tabla 03 y Tabla 04) presentando un tamaño máximo nominal de 1", módulos de fineza de 3.04 y 2.97 los cuales el más adecuado para ensayar en concreto es el que presenta menor módulo de finura es decir la cantera del río Naranjillo.

La estimación de valores de las propiedades químicas en agregados de las principales canteras del distrito de Rioja, también ayudo a encontrar la relación que existe en la resistencia del concreto que se usa en la ingeniería de la construcción. Los exámenes químicos realizados a los agregados como el análisis de sulfatos se encontraron acorde con los valores de la norma NTP 400.037:2014, valores que son favorables para ambas canteras siendo sus agregados apropiados para la elaboración de concreto.

Finalmente, con la valoración de las propiedades mecánicas de los agregados de las principales canteras del distrito de Rioja, se logró determinar su efecto que tienen en la resistencia a la compresión del concreto que se usa mayormente en la industria de la construcción civil. De acuerdo a los límites de granulometría para los agregados

finos y gruesos de la cantera del río Yuracyacu estos no cumplen con la NTP 400.037 (Tabla 06 y Tabla 08) y esto se aprecia en los resultados de la ruptura de probetas las cuales 02 probetas con cumplieron con las resistencias de 175, 210 y 280 kg/cm². Por otra parte, los agregados de la cantera del río Naranjillo cumplieron los parámetros de la norma por lo que los especímenes en un 100% superaron el valor de las resistencias antes mencionadas.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda que los agregados usados para la elaboración de concreto pasen por un proceso de lavado preliminar para eliminar las impurezas que se adhieren a sus partículas lo que disminuye la calidad de los mismos al momento de realizar los ensayos de laboratorio.

Es importante conocer la procedencia de los agregados para la elaboración de la masa del concreto, debido a que sus características físicas dependen directamente del tipo de cantera (canto rodado o triturado).

Se recomienda emplear agua potable al momento de elaborar una mezcla debido a que puede alterar las propiedades químicas de los agregados, generando desgaste y poca trabajabilidad del concreto en estado fresco

Finalmente, se recomienda tener en cuenta la granulometría, límites de consistencia porque son determinantes para obtener elementos estructurales de buena calidad y gran resistencia; asimismo, se recomienda ampliar la investigación en realizar mejoras a los agregados que no cumplen con los parámetros mecánicos, para así obtener mejores resultados en las canteras cuyos agregados no son de buena calidad.

VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alaejos, P., & Fernández, M. (1996). High-performance concrete: requirements for constituent materials and mix proportioning. *ACI Materials journal*. U.S.A.
- Arangurí, G. (2016). La importancia del uso de agregados provenientes de canteras de calidad. *In Crescendo Ingeniería*. Obtenido de <http://revistas.uladech.edu.pe/index.php/increscendo-ingenieria/article/view/1131>
- Belito, G., & Paucar, F. (2018). *Influencia de agregados de diferentes procedencias y diseño de mezcla sobre la resistencia del concreto*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Calderón, E. (2015). *Diseño de hormigón con cantos rodados provenientes del río Chanchan a través de los métodos ACI y O'REILY*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Castro, J., & Vera, M. (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*. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Céron, M., Duarte, F., & Castillo, W. (1996). Propiedades físicas de los agregados pétreos de la ciudad de Mérida. *Boletín académico FIUADY*.
- Chan, P. (1993). Quantitative analysis of aggregate shape based on fractals. *ACI materials journal*.
- Estrada, C., & Páez, R. (2014). *Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto*. Universidad Veracruzana, Coatzacoalcos, México.
- Gonzales, A., & Villa, E. (2013). *Caracterización de agregados petreos de la cantera Tritupisvar para su uso en la elaboración de concreto*. Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill.
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México, México: Mc Graw Hill.
- IMCYC. (2017). *Instituto mexicano del cemento y del concreto*. Obtenido de <http://imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Agregados%20Generales/Agregados%20para%20concreto%20cada%20cual%20por%20su%20nombre.pdf>
- Kosmatka, S., & Panarese, W. (1992). *Diseño y control de mezclas de concreto*. México.

Norma Técnica Peruana. (2013). INDECOPI. Perú.

Olarte, Z. (2017). *Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de Andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles*. Universidad Tecnológica de los Andes, Apurímac, Perú.

Palbol, L. (1996). Optimización de los agregados para concreto. *Construcción y tecnología*.

Quiroga, P. (2003). *The effect of aggregates characteristics on the performance of portland cement concrete*. University of Texas, Texas, Estados Unidos.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (29 de julio de 2020). Diario oficial "El Peruano". Perú.

Uribe, R. (1991). El control de calidad en los agregados para concreto 3a parte. *Construcción y tecnología*.

ANEXOS



Imagen 01: extracción de agregados de la cantera del río Yuracyacu.



Imagen 02: Pesado de agregado grueso retenido en los diversos tamices.



Imagen 03: Preparación de la mezcla para las probetas con la mezcla de concreto.



Imagen 04: Ruptura de probetas con mezcla de concreto después de 28 días de curado.