Revista de Investigación Científica Siglo XXI (2023)
Vol. 3, Núm. 2, pp. 15 - 23
https://doi.org/ 10.54943/rcsxxi.v3i2.345

ARTÍCULO ORIGINAL

REVISTA SIGLO XXI
eISSN: 2955-8409

Evaluación de agregados de diferentes procedencias y diseño de mezcla sobre la resistencia del concreto

Evaluation of aggregate from different sources and mix design on the resistance of concrete

Paucar Ch. Fortunato[1] • Benito H. Gilmar[2]

Recibido: 10 de Mayo del 2023 / **Aceptado:** 13 de Junio del 2023

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo dar a conocer la influencia de las características y propiedades de los agregados extraídos de diferentes fuentes, específicamente de las canteras de la cuenca del río Ichu y de las canteras de la cuenca del río Mantaro. Al mismo tiempo, cómo afectan la resistencia del concreto. A su vez, comprender las propiedades de los agregados. Para ello se realizaron pruebas en 90 unidades de muestra cilíndricas (45 muestras cilíndricas para agregados de la cuenca del Rio Ichu y 45 muestras cilíndricas para agregados de la cuenca del Rio Mantaro). Se evaluaron las propiedades mecánicas del agregado fino (arena gruesa) y grueso (piedra triturada) de ambas canteras según ASMC 33 y NTP 400.037. La mezcla se calculó para las resistencias: f'c = 175 kg/cm2, f'c = 210 kg/cm2 y f'c = 245 kg/cm2 utilizando el método ACI 211. En las canteras examinadas se llevaron a cabo diversas pruebas. Las muestras se endurecieron por inmersión en agua en condiciones de laboratorio y se calculó la resistencia a la compresión a la edad de 28 días según ASTM C 39 o NTP 339.034.

Llegando a la conclusión que, a la edad de 28 días, las muestras elaboradas con áridos de la cuenca del río Mantaro lograron mayor resistencia que las muestras elaboradas con áridos de la cuenca del río Ichu. Al realizar una prueba estadística muestra que todos los tratamientos son diferentes. Las canteras de los ríos Mantaro e Ichu y el diseño de la mezcla (175, 210 y 245 kg/cm2) son factores que influyen en la resistencia del concreto.

Palabras claves: procedencia, agregados, diseño de mezcla, resistencia del concreto.

ABSTRACT

The objective of this study is to show the influence of the characteristics and properties of aggregates extracted from different sources, specifically from the quarries of the Ichu river basin and the quarries of the Mantaro river basin. At the same time, how they affect concrete strength. At the same time, to understand the properties of the aggregates. The mechanical properties of fine aggregate (coarse sand) and coarse aggregate (crushed stone) from both quarries were evaluated according to ASMC 33 and NTP 400.037. Tests were carried out on 90 cylindrical sample units (45 cylindrical samples for aggregates from the Ichu River basin and 45 cylindrical samples for aggregates from the Mantaro River basin). The mix was calculated for the strengths: f'c = 175 kg/cm2, f'c = 210 kg/cm2 and f'c = 245 kg/cm2 using the ACI 211 method. Various tests were carried out in the quarries examined. The samples were hardened by immersion in water under laboratory conditions and the compressive strength at the age of 28 days was calculated according to ASTM C 39 or NTP 339.034.

It was concluded that, at the age of 28 days, the samples made with aggregates from the Mantaro river basin achieved higher resistance than the samples made with aggregates from the Ichu river basin. A statistical test shows that all treatments are different. The quarries of the Mantaro and Ichu rivers and the mix design (175, 210 and 245 kg/cm2) are factors that influence the strength of the concrete.

Keywords: sourcing, aggregates, mix design, concrete strength.

1. INTRODUCCIÓN

El hormigón es el material de construcción más utilizado para muchos tipos de proyectos de ingeniería como casas edificios, presas, carreteras, puentes y otros por su dureza, durabilidad, ductilidad, variabilidad y rentabilidad (Calderón, 2015).

✉ Fortunato Paucar Chanca
fortunato.pch@gmail.com

[1] Ingeniero Civil titulado en la Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.)
[2] Ingeniero Civil titulado en la Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.)

Conocer las propiedades de los áridos es de gran importancia. Por lo tanto, es importante elegir una cantera con agregados de buena calidad para garantizar un concreto resistente y duradero que cumpla con los objetivos de diseño. Hay muchas canteras en Perú que producen agregados de buena calidad, pero en algunos lugares son raros o de mala calidad. Por ejemplo, en la ciudad de Cajamarca, los agregados de cerro son de mala calidad y no cumplían con los requisitos técnicos para la producción de concreto (Torres Ríos, 2015).

Actualmente, la construcción civil en la ciudad de Huancavelica se realiza con agregados provenientes de diversas canteras, pero los constructores que adquieren este material lo utilizan sin conocer sus propiedades, lo que provoca una alta incertidumbre en el proceso de producción del concreto. Conociendo las características de sus componentes no podemos predecir si se conseguirá la durabilidad esperada.

Asimismo, otro problema en la producción de concreto es que la cantidad utilizada depende de la experiencia del constructor o del propio trabajador. Sin embargo, si profundizamos en el ámbito de la cuantificación, veremos que tras el cálculo variara de una mina a otra porque las propiedades del material nunca serán las mismas.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio de la presente investigación se ubica en el departamento de Huancavelica.

Dicha investigación es de tipo experimental, nivel explicativo, método deductivo – descriptivo, diseño experimental. Para la recolección de datos se realizaron pruebas en 90 unidades de muestra cilíndricas (45 muestras cilíndricas para agregados de la cuenca del Rio Ichu y 45 muestras cilíndricas para agregados de la cuenca del Rio Mantaro) que nos permitirá obtener un error Tipo I=0.05 y una confianza de 0.95. el tipo de muestreo utilizado fue el aleatorio simple. Se utilizó las siguientes normas y reglamentos: Granulometría (NTP 400.012; ASTM C136), Pesos Unitarios sueltos y compactos (NTP 400.017; ASTM C 29), Porcentaje de Humedad (NTP 339.195; ASTM C 535), Peso específico y absorción (NTP 400.021; NTP 400.022; ASTM C 128; ASTM C 127), Resistencia al desgaste por medio de la máquina de los ángeles (NTP 400.019; NTP 400.020; ASTM C131; ASTM C535). Se recolecto los datos a partir de la Elaboración de probetas de resistencias f'c = 175 kc/cm^2, f'c = 210 kc/cm^2, f'c = 245 kc/cm^2. La técnica para el procesamiento de los datos se utilizó la tuna estadística descriptiva (Diseño Completamente al Azar con Arreglo Factorial (3x2) y Pruebas de comparación múltiple (Tukey) y para el análisis de datos se aplicó el Software estadístico R (The R Project for Statistical Computing).

3. RESULTADOS

El cuadro 01 muestra los siguientes resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera de la cuenca del río Ichu, (PEM = 2.59 gr/cm^3, PE = 2.64 gr/cm^3, PEA = 2.73 gr/cm^3, A = 1.92%, PUS = 1316.67 Kg/m^3, PUC = 1463.88 Kg/m^3, CH = 11.62% y MF = 3.04), los cuales se obtuvieron en el laboratorio de tecnología de concreto de la Universidad Nacional de Huancavelica siguiendo los criterios establecidos por las normas y especificaciones técnicas descritas en capítulos anteriores.

CUADRO 01: Propiedades de los agregados (Cantera río Ichu)

PERFIL	AGREGADO FINO ARENA GRUESA
Peso Específico de Masa (PEM)	2.59 gr/cm^3
Peso Específico SSS (PE)	2.64 gr/cm^3
Peso Específico Aparente (PEA)	2.73 gr/cm^3
Absorción (A)	1.92%
Peso Unitario Suelto (PUS)	1316.67 Kg/m^3
Peso Unitario Compacto (PUC)	1463.88 Kg/m^3
Contenido de Humedad (CH)	11.62%
Módulo de Fineza (MF)	3.04
Tamaño Máximo Nominal	Tamiz N° 04
Desgaste de abrasión de los Ángeles	-

El cuadro 02 muestra los siguientes resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera de la cuenca del río Ichu, (PEM = 2.54 gr/cm^3, PE = 2.60 gr/cm^3, PEA = 2.70 gr/cm^3, A = 2.26%, PUS = 1347.88 Kg/m^3, PUC = 1454.46 Kg/m^3 y CH = 2.91%).

CUADRO 02: Propiedades de los agregados (Cantera río Ichu)

PERFIL	AGREGADO GRUESO PIEDRA CHANCADA
Peso Específico de Masa (PEM)	2.54 gr/cm^3
Peso Específico SSS (PE)	2.60 Kg/m^3
Peso Específico Aparente (PEA)	2.70 Kg/m^3
Absorción (A)	2.26%
Peso Unitario Suelto (PUS)	1347.88 Kg/m^3
Peso Unitario Compacto (PUC)	1454.46 Kg/m^3
Contenido de Humedad (CH)	2.91%

Módulo de Fineza (MF)	-
Tamaño Máximo Nominal	1"
Desgaste de abrasión de los Ángeles	22.81

El cuadro 03 muestra los siguientes resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera de la cuenca del río Mantaro, (PEM = 2.62 gr/cm^3, PE = 2.66 gr/cm^3, PEA = 2.73 gr/cm^3, A = 1.65%, PUS = 1641.06 Kg/m^3, PUC = 1813.07 Kg/m^3 y CH = 7.61% y MF = 2.97).

CUADRO 03: Propiedades de agregados (Cantera de la cuenca río Mantaro)

AGREGADO	AGREGADO FINO
PERFIL	ARENA GRUESA
Peso Específico de Masa (PEM)	2.62 gr/cm^3
Peso Específico SSS (PE)	2.66 gr/cm^3
Peso Específico Aparente (PEA)	2.73 gr/cm^3
Absorción (A)	1.65%
Peso Unitario Suelto (PUS)	1641.06 Kg/m^3
Peso Unitario Compacto (PUC)	1813.07 Kg/m^3
Contenido de Humedad (CH)	7.61%
Módulo de Fineza (MF)	2.97
Tamaño Máximo Nominal	Tamiz N° 04
Desgaste de abrasión de los Ángeles	-

El cuadro 04 muestra los siguientes resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera de la cuenca del río Mantaro, (PEM = 2.58 gr/cm^3, PE = 2.60 gr/cm^3, PEA = 2.64 gr/cm^3, A = 0.92%, PUS = 1514.05 Kg/m^3, PUC = 1542.20 Kg/m^3 y CH = 2.21%)

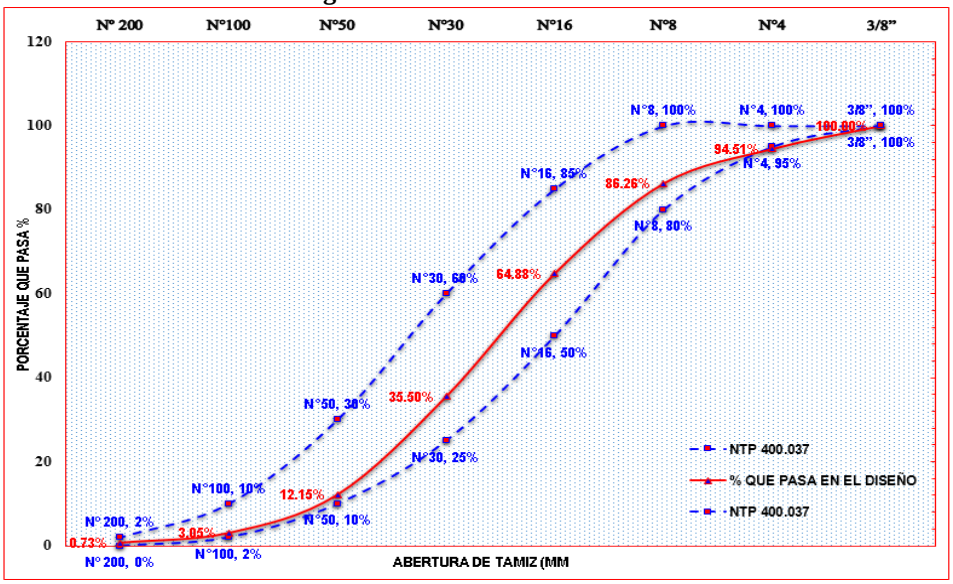
CUADRO 04: Propiedades de agregados (Cantera de la cuenca río Mantaro)

AGREGADO	AGREGADO GRUESO
PERFIL	PIEDRA CHANCADA
Peso Específico de Masa (PEM)	2.58 gr/cm^3
Peso Específico SSS (PE)	2.60 Kg/m^3
Peso Específico Aparente (PEA)	2.64 Kg/^{m3}
Absorción (A)	0.92%
Peso Unitario Suelto (PUS)	1514.05 Kg/m^3
Peso Unitario Compacto (PUC)	1542.20 Kg/m^3
Contenido de Humedad (CH)	2.21%
Módulo de Fineza (MF)	-
Tamaño Máximo Nominal	1 "
Desgaste de abrasión de los Ángeles	24.01

GRANULOMETRIA DE AGREGADOS

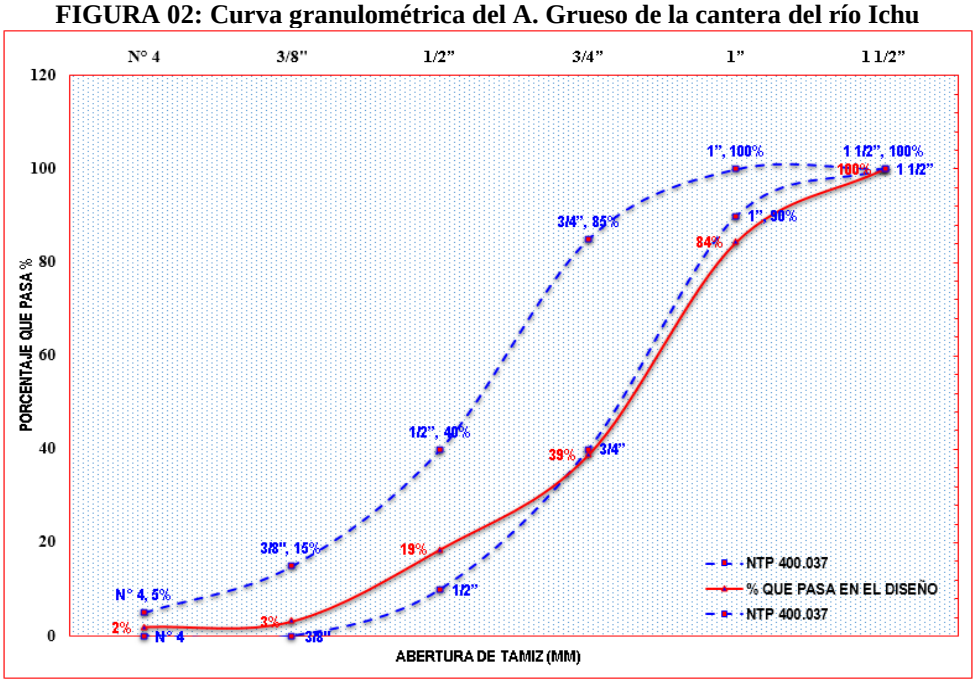
La Figura 01 muestra la curva granulométrica del agregado fino de la cuenca del río Ichu, pudiéndose visualizar que la curva granulométrica no está bien graduada (línea roja) con respecto a los usos granulométricos de la NTP 400.037 (líneas azules) esto debido a que el agregado fino de la cuenca del río Ichu presenta más gradación de partículas finas, ya que la curva del agregado de la cuenca del río Ichu está más cercana a la curva inferior de la NTP 400.037 y pasando por debajo de la curva en el tamiz Nº 4.

FIGURA 01: Curva granulométrica del A. Fino de la cantera del río Ichu



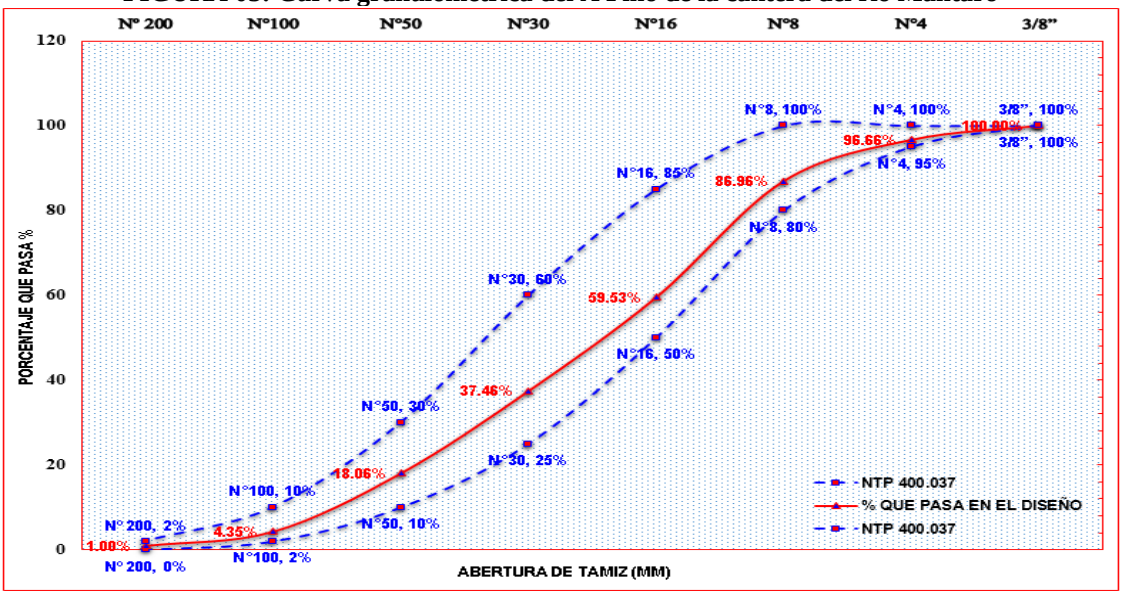
La Figura 02 muestra la curva granulométrica del agregado grueso de la cuenca del río Ichu, pudiéndose visualizar que la curva granulométrica no está bien graduada (línea roja) con respecto a los usos granulométricos de la NTP 400.037 (líneas azules) esto debido a que el agregado grueso de la cuenca del río Ichu presenta más gradación de partículas finas, ya que la curva del agregado de la cuenca del río Ichu está más cercana a la curva inferior de la NTP 400.037 y pasa por debajo de la curva en los tamices de 1" y 3/4".

FIGURA 02: Curva granulométrica del A. Grueso de la cantera del río Ichu



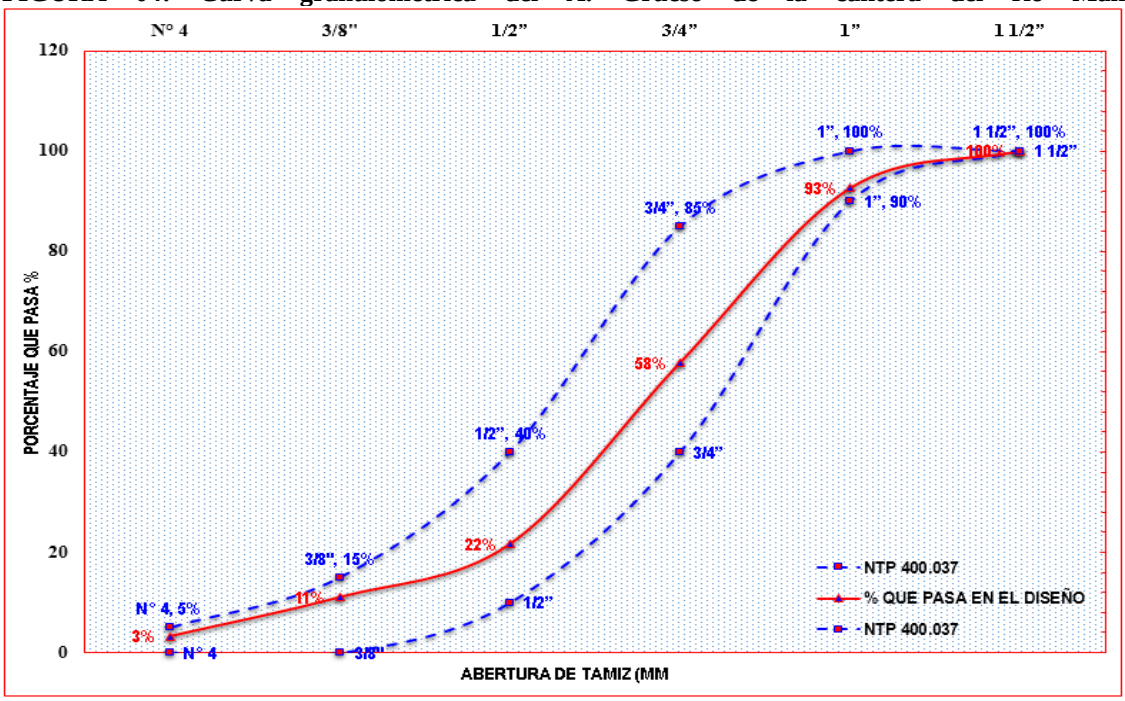
La Figura 03 muestra la curva granulométrica del agregado fino de la cuenca del río Mantaro, pudiéndose visualizar que la curva granulométrica presenta una gradación adecuada de sus partículas (línea roja) con respecto a los usos granulométricos de la NTP 400.037 (líneas azules).

FIGURA 03: Curva granulométrica del A Fino de la cantera del río Mantaro



La Figura 04 muestra la curva granulométrica del agregado grueso de la cuenca del río Mantaro, pudiéndose visualizar que la curva granulométrica presenta una gradación adecuada de sus partículas (línea roja) con respecto a los usos granulométricos de la NTP 400.037 (líneas azules).

FIGURA 04: Curva granulométrica del A. Grueso de la cantera del río Mantaro



ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS

En la tabla 01, se muestra el resultado de resistencia a la compresión de 175 kg/cm^2 de cada tratamiento (T), corresponden realizados con agregados de la cantera de la cuenca del río Ichu (C – RI) y agregados de la cantera de la cuenca del río Mantaro (C – RM) ensayadas a los 28 días de curado:

TABLA 01: Resistencia de concreto f'c = 175 kg/cm^2

m	C - RI	C - RM	Unidades
	f'c = 175 kg/cm^2		
1	188.16	199.21	kg/cm^2
2	191.55	205.08	kg/cm^2
3	173.39	200.16	kg/cm^2
4	172.26	195.03	kg/cm^2
5	186.57	200.32	kg/cm^2
6	193.06	199.87	kg/cm^2
7	191.33	198.97	kg/cm^2
8	193.58	203.10	kg/cm^2
9	189.68	202.88	kg/cm^2
10	191.87	205.92	kg/cm^2
11	188.87	199.01	kg/cm^2
12	187.85	196.41	kg/cm^2
13	194.13	203.72	kg/cm^2
14	174.20	202.34	kg/cm^2
15	186.01	198.34	kg/cm^2

En la tabla 02, se muestra el resultado de resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2 de cada tratamiento (T), corresponden realizados con agregados de la cantera de la cuenca del río Ichu (C – RI) y agregados de la cantera de la cuenca del río Mantaro (C – RM) ensayadas a los 28 días de curado:

TABLA 02: Resistencia de concreto f'c = 210 kg/cm^2

Muestra	C - RI	C - RM	Unidades
	f'c = 210 kg/cm^2		
1	213.79	229.47	kg/cm^2
2	215.43	234.18	kg/cm^2
3	227.53	230.63	kg/cm^2
4	226.47	237.21	kg/cm^2
5	224.49	230.40	kg/cm^2
6	206.60	235.59	kg/cm^2
7	228.84	236.35	kg/cm^2
8	229.47	230.15	kg/cm^2
9	228.10	240.46	kg/cm^2

10	228.84	238.05	kg/cm^2
11	205.42	236.22	kg/cm^2
12	218.94	237.35	kg/cm^2
13	224.94	232.58	kg/cm^2
14	208.70	235.50	kg/cm^2
15	222.94	232.71	kg/cm^2

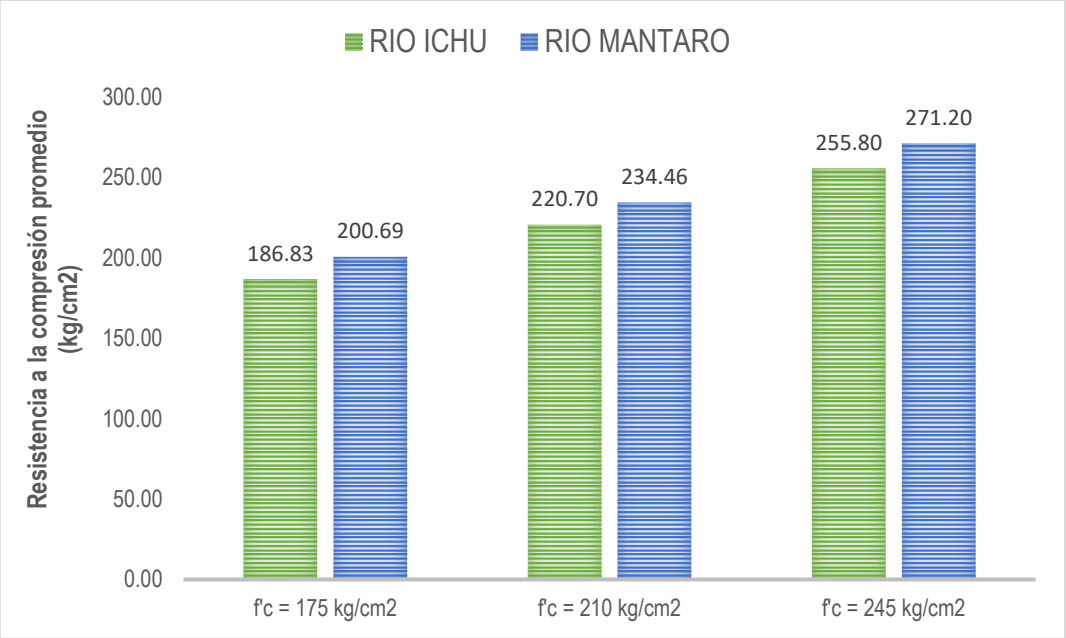
En la tabla 03, se muestra el resultado de resistencia a la compresión de 245 kg/cm^2 de cada tratamiento (T), corresponden realizados con agregados de la cantera de la cuenca del río Ichu (C – RI) y agregados de la cantera de la cuenca del río Mantaro (C – RM) ensayadas a los 28 días de curado:

TABLA 03: Resistencia de concreto f'c = 245 kg/cm^2

Muestra	**C - RI**	**C - RM**	**Unidades**
	f'c = 245 kg/cm^2		
1	249.00	275.16	kg/cm^2
2	242.68	270.27	kg/cm^2
3	254.32	271.08	kg/cm^2
4	262.78	269.71	kg/cm^2
5	263.77	274.40	kg/cm^2
6	256.38	270.44	kg/cm^2
7	263.42	277.23	kg/cm^2
8	264.92	273.43	kg/cm^2
9	241.63	269.86	kg/cm^2
10	264.83	272.72	kg/cm^2
11	253.44	271.32	kg/cm^2
12	249.39	266.87	kg/cm^2
13	262.15	267.52	kg/cm^2
14	256.14	269.74	kg/cm^2
15	252.14	268.19	kg/cm^2

En el Gráfico 01 se observa que, en los 3 tipos de concreto, f´c = 175 kg/cm^2, f'c = 210 kg/cm^2 y f'c = 245 kg/cm^2 las probetas elaboradas con agregado de la cantera de la cuenca del río Mantaro alcanzan mayor resistencia a compresión en comparación con las probetas elaboradas usando agregado de la cuenca del río Ichu.

GRÁFICO 01: Resistencia a la compresión según tipo de agregado usado, a la edad de 28 días.



4. DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación comprueban las hipótesis propuestas. Se afirma que La cantera (río Ichu y río Mantaro) y el diseño de Mezcla (175, 210 y 245 kg/cm^2) son factores que influyen sobre la resistencia del concreto. Superando en ambos casos las resistencias requeridas en el diseño. En relación al análisis estadístico de los resultados de resistencia a la compresión todos los tratamientos para los diferentes diseños de mezcla. Esto se confirma lo dicho por (Torres Rios, 2015) que todos los resultados de resistencia, de agregados de diferentes procedencias tienen diferentes resultados de resistencia. Se confirma lo dicho por (Ortega Castro, 2013), que los parámetros de módulo de fineza para agregados finos deben estar dentro de los rangos de 2.35 y 3.15.

5. REFERENCIA

Abanto Castillo , F. (2009). Tecnologia del Concreto (2da ed.). Lima, Perú: Edit. San Marcos.

Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo. 4a Edición. Norma Técnica Peruana (NTP 400.012:2021).

Agregados. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo. 4a Edición. Norma Técnica Peruana (NTP 400.022:2021).

Calderón Cañar, E. (2015). Diseño de hormigón con cantos rodados provenientes del río Chanchan a través de los métodos ACI Y O'REILLY. Tesis, Universidad de Guayaquil, Ecuador, Guayaquil.

Concreto. Método para elaborar concreto compactado con rodillo en moldes cilíndrico usando la mesa de vibración. 2da Edición. Norma Técnica Peruana (NTP 339.195:2018).

Ortega Castro, A. R. (2013). La Calidad de los Agregados de Tres Canteras de la Ciudad de Ambato y su Influencia en la Resistencia del Hormigón Empleado en la Construcción de Obras Civiles. Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, Ambato.

Torres Rios, K. J. (2015). Evaluación de la Influencia en la Resistencia del Concreto f´c = 140 kg/cm2, f'c = 175 kg/cm2 y f'c = 210 kg/cm2 Usando Agregado de Río o Agregado de Cerro en Cajamarca. Tesis, Universidad Privada del Norte, Cajamarca.