



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ DE TRES TIPOS DE CEMENTO CON CANTERA DE RÍO Y CERRO, CAJAMARCA – 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Rosmel Arturo Quiroz Machuca

Antonio Alejandro Tirado Mori

Asesor:

Mg. Ing. Gabriel Cachi Cerna

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

A mi pequeña Maite De Los Ángeles, a mi esposa Francisca, quienes son mi aliento para seguir adelante y me permitieron concluir esta meta trazada.

Rosmel Arturo Quiroz Machuca

Con mucho cariño a mi esposa Mariella y a mis hijos Luis Antonio, Daniel y Gabriela, los cuales con su cariño y comprensión me ayudaron a cumplir este objetivo.

Antonio Alejandro Tirado Mori

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada del Norte, a la Facultad de Ingeniería y a la Carrera Profesional de Ingeniería Civil por acogernos en sus aulas de clase.

A nuestros docentes por compartimos sus conocimientos y orientarnos durante nuestra formación profesional.

A nuestro Asesor Ing. Gabriel Cachi por orientarnos en el desarrollo de este trabajo.
Al Director de Ingeniería Civil Ing. Orlando Aguilar, al Ing. Erick Muñoz, al Sr. Víctor Cuzco por darnos las facilidades en el uso del laboratorio

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Objetivos.....	18
1.4. Hipótesis.....	18
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	19
2.1. Tipo de investigación	19
2.2. Población y muestra.....	19
2.3. Materiales, instrumentos y métodos.....	19
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	20
2.5. Procedimiento.....	22
CAPÍTULO III. RESULTADOS	45
3.1. Ensayos a los materiales	45
3.2. Diseños de mezclas	46
3.3. Prueba de consistencia del concreto	47
3.4. Ensayos de probetas cilíndricas a compresión	47
3.5. Comparación de resistencias de los concretos	53
3.6. Comparación de resistencia a la compresión en función a canteras.....	57
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	61
4.1. Discusión.....	61
4.2. Conclusiones	66
REFERENCIAS	68
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de ensayos a realizar en la presente investigación	19
Tabla 2: Guías de Normas Técnicas Peruanas.....	21
Tabla 3: Tamices para agregado grueso (A.G.)	24
Tabla 4: Tamices para agregado fino (A.F.)	24
Tabla 5: Límites de gradación de agregado	25
Tabla 6: Resistencia a la compresión promedio.....	41
Tabla 7: Consistencia de la mezcla del concreto	41
Tabla 8: Volumen Unitario del Agua (Concreto sin aire incorporado).....	42
Tabla 9: Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto	43
Tabla 10: Módulo de fineza de la combinación de agregados	44
Tabla 11: Propiedades físicas de los agregados de cerro obtenidas de laboratorio	45
Tabla 12: Propiedades físicas de los agregados de río obtenidas de laboratorio	45
Tabla 13: Proporción en peso de los materiales corregidos	46
Tabla 14: Consistencia de los concretos fresco	47
Tabla 15: Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Pacasmayo 7 días	47
Tabla 16: Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Quisqueya 7 días	48
Tabla 17: Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Nacional 7 días	48
Tabla 18: Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Pacasmayo 14 días	48
Tabla 19: Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Quisqueya 14 días	49
Tabla 20: Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Nacional 14 días	49
Tabla 21: Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Pacasmayo 28 días	49
Tabla 22: Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Quisqueya 28 días	50
Tabla 23: Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Nacional 28 días	50
Tabla 24: Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Pacasmayo 7 días	50
Tabla 25: Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Quisqueya 7 días	51
Tabla 26: Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Nacional 7 días	51
Tabla 27: Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Pacasmayo 14 días	51
Tabla 28: Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Quisqueya 14 días	52

Tabla 29: Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Nacional 14 días	52
Tabla 30: Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Pacasmayo 28 días	52
Tabla 31: Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Quisqueya 28 días	53
Tabla 32: Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Nacional 28 días	53
Tabla 33: Resistencia a la compresión promedio: Agregados de cerro 7, 14 y 28 días.....	53
Tabla 34: Resistencia a la compresión promedio: Agregado de río 7, 14 y 28 días	54
Tabla 35: Resistencia a la compresión promedio en función a los agregados	57
Tabla 36: Comparación de concretos elaborados con agregados de cerro y río	59
Tabla 37: Resistencia promedio a la compresión requerida	105
Tabla 38: Contenido de aire atrapado	106
Tabla 39: Relación agua – cemento por resistencia	106
Tabla 40: Proporciones de materiales por probeta: Agregado de cerro y Pacasmayo.....	110
Tabla 41: Proporciones de materiales por probeta: Agregado de cerro y Quisqueya	116
Tabla 42: Proporciones de materiales por probeta: Agregado de cerro y Nacional.....	122
Tabla 43: Proporciones de materiales por probeta: Agregado de río y Pacasmayo.....	128
Tabla 44: Proporciones de materiales por probeta: Agregado de río y Quisqueya.....	134
Tabla 45: Proporciones de materiales por probeta: Agregado de río y Nacional.....	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación de la cantera “La Victoria”	22
Figura 2: Mapa de ubicación de la cantera “El Gavilán”	23
Figura 3: Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con tres tipos de cementos y agregados de cerro, 7 días	54
Figura 4: Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con tres tipos de cementos y agregados de cerro, 14 días	55
Figura 5: Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con tres tipos de cementos y agregados de cerro, 28 días	55
Figura 6: Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con tres tipos de cementos y agregados de río, 7 días	56
Figura 7: Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con tres tipos de cementos y agregados de río, 14 días	56
Figura 8: Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con tres tipos de cementos y agregados de río, 28 días	57
Figura 9: Comparación de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días: Agregado de cerro.	58
Figura 10: Comparación de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días: Agregado de río.	58
Figura 11: Comparación de concretos elaborados con agregados de río y cerro (7 días)	59
Figura 12: Comparación de concretos elaborados con agregados de río y cerro (14 días)	60
Figura 13: Comparación de concretos elaborados con agregados de río y cerro (28 días)	60

RESUMEN

Cementos Pacasmayo actualmente es el cemento predominante en el norte del país y el más utilizado en nuestra ciudad, pero debido a la presencia en nuestro medio de otros cementos tanto importados como nacionales, nos vimos en la necesidad de realizar un estudio comparativo de la resistencia a compresión del concreto diseñado a un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con cementos Quisqueya y Nacional utilizando agregados de cantera de río y cerro, para el caso de los agregados se ha elegido la cantera “La Victoria” para el de río y la cantera “El Gavilán” para el de cerro. Nos planteamos el siguiente objetivo: Comparar la resistencia a la compresión del concreto diseñado a un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con marcas de cementos (Pacasmayo, Quisqueya y Nacional) con agregado de cantera de río y cerro. Para cumplir con el objetivo se elaboraron 108 probetas de concreto y el método de diseño de mezclas utilizado fue el de módulo de fineza de la combinación de agregados. La investigación es de tipo experimental aplicada. Luego de realizar los experimentos correspondientes se obtuvo que el concreto elaborado con cemento Quisqueya Tipo I y agregado de cantera de cerro adquiere resistencias en los tiempos de 7, 14 y 28 días de curado: 457.57 kg/cm^2 , 471.99 kg/cm^2 y 518.15 kg/cm^2 respectivamente superando a los concretos preparados con las otras marcas de cemento y agregado de cantera de cerro y río.

Palabras clave: Concreto, resistencia a la compresión

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El concreto es el material estructural de uso más frecuente en el mundo, los miembros estructurales suelen producirse en el mismo lugar y su calidad depende en forma casi exclusiva de la calidad de la mano de obra en los procesos de elaboración y colocación del concreto, para hacer concreto "malo" que a menudo es una sustancia de inadecuada consistencia la cual, al endurecerse, se convierte en una masa no homogénea con cavidades no hay más que mezclar cemento, agregado y agua. Aunque parezca extraño, los ingredientes del concreto son exactamente los mismos; la diferencia radica tan sólo en conocimientos prácticos, en el "saber cómo", que a menudo no representa ningún costo adicional en la mano de obra (Neville, 2013).

El concreto de cemento Portland es uno de los más usados y el más versátil de los materiales de construcción. Esta versatilidad permite su utilización en todo tipo de formas estructurales, así como en los climas más variados. En la práctica, las principales limitaciones del concreto están dadas no por el material sino por quien debe utilizarlo. Ello constituye un permanente desafío para el ingeniero responsable de la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto. En la medida que sus conocimientos sobre el concreto sean mayores, mejores serán sus posibilidades de lograr aquello que se propone. Solo la actualización permanente permite obtener el máximo provecho del material. Este es un reto que los ingenieros estamos obligados a aceptar y vencer (Rivva López, 2015).

La industria de la construcción en el Perú, se ha convertido en uno de los sectores más dinámicos de la economía, en su crecimiento influye la expansión de la demanda interna como consecuencia del aumento de la población y el crecimiento de

la economía, asimismo, por el aumento de la inversión privada y pública. El uso del cemento en el Perú tiene más de 150 años, las primeras década se importaba el cemento desde Europa, hasta que años después aparecieron las primeras cementeras en el Perú, desde ese entonces la industria del cemento está impulsada por el crecimiento del sector vivienda, el desarrollo de programas de infraestructura, mineros, centros comerciales, construcción de sistemas de transporte, puertos, aeropuertos, entre otros. Las empresas cementeras fabrican cemento de acuerdo a la aplicación y/o necesidad que se requiera, las diferentes marcas de cemento que hoy se encuentran en el mercado deben cumplir estrictamente con las normas nacionales e internacionales, de distintos componentes, productores y precios, pero casi todos con la misma finalidad. Sin embargo, durante la elaboración del concreto se presentan múltiples problemas, tales como: La eflorescencia, agrietamiento del concreto, plasticidad y fraguado prematuro, la mayoría de veces es por los materiales de baja calidad, maquinaria defectuosa, mano de obra inexperta, eventos involuntarios de la naturaleza (Avalo Castillo, 2016).

En nuestra localidad, según el informe de la empresa Apoyo y Asociados, las empresas e instituciones prefieren el cemento Portland Tipo I de la empresa Cementos Pacasmayo en sus obras de construcción civil, sin embargo, en el mercado existes otras alternativas tal como el cemento Quisqueya Tipo I y el cemento Nacional Tipo I. Estos cementos pueden ser encontrados a bajos precios, pero en menor cantidad por ser un producto muy poco conocido e importado y su calidad podría ser incluso mejor al del cemento que está a nuestro alcance, es por ello que nos planteamos la siguiente pregunta: ¿Cuál de los concretos elaborados con cementos de marca (Pacasmayo, Quisqueya y Nacional) y agregados de cantera de rio y cerro genera mayor resistencia al diseñar a un $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$?

Este tipo de investigaciones han sido llevadas a cabo en distintos lugares con propósitos similares tal como la de (Corrales & Arias, 2013) en la Ciudad de Cartagena de Indias - Colombia, en su Proyecto de Grado para optar el Título de Ingeniero Civil “Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos Tipo I y tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes”, sustentó que realizó esta investigación con el fin de comparar la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos Tipo I y Tipo III, permitiendo establecer su comportamiento al modificarlos con aditivos acelerantes y retardantes, para lograr una mezcla de concreto de 4000 psi. El objetivo del proyecto fue: Analizar los efectos que tienen los aditivos como acelerante y retardante en las resistencias a la compresión iniciales y finales en concretos de 4000 psi elaborados con cemento Tipos I y III, utilizando grava de $\frac{1}{2}$ ” y arena natural; Desarrolló una investigación experimental con una población probetas. Las conclusiones de esta investigación nos indican que: En la mezcla de concreto elaborado con cemento Tipo I, con o sin aditivos se presentó una resistencia a la compresión de tipo decreciente, esto pudo ser debido a que la relación agua/cemento no fue óptima para este diseño, ya que se utilizó la misma relación para las tres muestras de concreto, es decir, sin aditivos, con aditivo retardante y con aditivo acelerante. Con esto, en investigaciones futuras sugiere variar la cantidad de aditivo bajo una misma relación agua-cemento para encontrar la cantidad óptima de aditivo a una edad de 28 días o en su defecto, para evaluar el poder reductor de agua del aditivo en cuestión y por ende todas las demás características afines con la reducción de agua, controlando otros parámetros, como tiempo de fraguado y evolución de resistencias en particular.

Otro caso sería la de (Gallo & Saavedra, 2015) en la ciudad de Lima, en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil “Análisis comparativo del comportamiento de los concretos utilizando cemento blanco “Tolteca” y cemento gris “Sol”, sustentó que el concreto preparado con cemento Blanco Tolteca se comporta mejor en sus principales propiedades en comparación que el concreto preparado con cemento Gris Sol. El objetivo de la tesis fue: Realizar el análisis comparativo de los concretos utilizando cemento Blanco Tolteca y cemento Gris Sol; para determinar sus propiedades más significativas en su estado fresco y endurecido; y evaluar sus desempeños para elegir con mejor elemento de juicio si es el más adecuado para una obra determinada, desarrolló una investigación experimental con una población 72 probetas. Las conclusiones de esta investigación indican que la consistencia del concreto con cemento Blanco Tolteca tiende a aumentar en un 17.00% lo que indica que el concreto tiene mayor facilidad de adaptarse al encofrado a diferencia del concreto con cemento Gris Sol, se acepta la hipótesis de la investigación.

De igual manera la de (Arauco Vera, 2010) en la ciudad de Lima, en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil “Estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido utilizando cemento de la República Dominicana Quisqueya Portland - tipo I”, sustentó que el principal objetivo de la tesis es realizar la investigación de las Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido utilizando el Cemento Quisqueya importado de República Dominicana pero perteneciente a la cementara transnacional CEMEX, quien desarrolló una investigación experimental con una población 120 ensayos. Las conclusiones de esta investigación nos indican que la competencia en el mercado es siempre positiva y ello incluye al mercado cementero en el Perú, pues a raíz de la llegada de Cemex al Perú bajo la denominación

de cemento Quisqueya, el mercado cementero nacional ha buscado mejorar el producto y servicio que ofrecen. Según estadísticas de resistencias obtenidas en el tiempo por los concretos elaborados con cementos Nacionales en comparación con los resultados obtenidos con cemento Quisqueya, en sus inicios se veía que este último tenía mejor resultados en cuanto a características específicas de fraguado, resistencia y trabajabilidad, pero posiblemente a consecuencia de ello se ve que las características del cemento peruano en el tiempo ha mejorado su producto y ahora compite con similar o mejor calidad que el mismo cemento Quisqueya.

Similarmente (Torres Rios, 2015) en la ciudad de Cajamarca, en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil “Evaluación de la influencia en la resistencia del concreto $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando agregado de río o agregado de cerro en Cajamarca”, sustentó que en la en ciudad de Cajamarca, se observa una creciente y acelerada industria de la construcción dentro del perímetro urbano; la abundancia de canteras de cerro y la escasez en época húmeda y su alto costo de los agregados de río en época de sequía, lo que ha llevado a la población a reemplazar el agregado de río por agregado de cerro sin realizar un reajuste al diseño de mezcla. Si bien este reemplazo de agregado de río por agregado de cerro se muestra como solución, se está dejando de lado la influencia que tienen los agregados en la resistencia del concreto., el objetivo de la tesis fue: Evaluar la influencia en la resistencia de probetas de concreto reemplazando agregado de río por agregado de cerro, sin modificar su diseño original, desarrolló una investigación experimental aplicada con una población 432 probetas. Concluye lo siguiente: En base a los resultados obtenidos se comprueba la hipótesis, que al usar agregado de cerro sin modificar ni verificar el diseño original, basado en agregado de río, la resistencia final

del concreto, resistencia a los 28 días, disminuye. Para el concreto $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ disminuye 10,68%, para $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ disminuye el 7,49% y para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ disminuye el 6,19%.

Para hablar sobre concreto primero debemos de tener en claro algunos conceptos, la Ingeniera Ana Torre de la Universidad Nacional de Ingeniería define: El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido. Las características físicas y químicas de este material están definidas por las características de sus componentes (A. Torre, 2004).

El Ingeniero Flavio Abanto, define al concreto como una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto (Abanto Castillo, 2017).

El cemento Portland: Según la Norma Técnica Peruana (NTP-334.009, 2016), el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del

Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, el cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad (A. Torre, 2004)

Los agregados están compuestos por el agregado fino y el agregado grueso. El agregado fino que es proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8"). El agregado grueso es el agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas (SENCICO, 2009).

Tanto la arena como la piedra están constituidas por partículas de diversos tamaños. La distribución por tamaño de las partículas se conoce como granulometría y se expresa en función de los porcentajes retenidos en cada una de ellas, con respecto al peso total de la muestra (J. O. Torre & SENCICO, 2014).

El Tamaño Máximo Nominal (TMN). Es el que corresponde a la menor abertura de tamiz a través de la cual puede permitirse que pase la muestra completa de agregado (NTP-339.047, 2006)

La granulometría de los agregados trasciende decisivamente en las propiedades que caracterizan al concreto, tanto en su estado fresco como endurecido. Al respecto, es aceptado considerar granulometrías apropiadas para elaborar concreto a aquellas que permitan obtener mezclas lo más densas posibles y favorecen su trabajabilidad (J. O. Torre & SENCICO, 2014).

El ensayo de consistencia o Slump. Es un ensayo que se le hace al concreto fresco para determinar, su consistencia o fluidez y que cumpla con los parámetros

establecidos. El ensayo consiste en rellenar un molde metálico troncocónico de dimensiones normalizadas, en tres capas apisonadas con 25 golpes de varilla – pisón y, luego de retirar el molde, medir el asentamiento que experimenta la masa de hormigón colocada en su interior. Esta medición se complementa con la observación de la forma de derrumbamiento del cono de hormigón mediante golpes laterales con la varilla–pisón (NTP-339.035, 2009).

El Ingeniero Flavio Abanto en su libro Tecnología del concreto manifiesta que los factores que hacen del concreto un material de construcción universal son, la facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica, Su elevada resistencia a la compresión, y finalmente su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua (Abanto Castillo, 2017).

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto a la carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2) a una edad de 28 días, se le designa con el símbolo $f'c$ la resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental, y es frecuentemente empleada en los cálculos para diseño de estructuras (NTP-339.034, 2008).

Para Adam Neville en su libro Tecnología del concreto, la prueba de resistencia a la compresión es la más común de todas las pruebas sobre concreto endurecido, en parte porque es fácil de practicarse, y en parte porque muchas, aunque no todas, de las características deseables del concreto están relacionadas cualitativamente con su resistencia; pero fundamentalmente por la importancia intrínseca de la resistencia a la compresión del concreto en el diseño estructural. Los resultados de las pruebas de

resistencia pueden ser afectados por variaciones en el tipo del espécimen de prueba; tamaño del espécimen; tipo de molde; curado; preparación de la superficie del extremo; rigidez de la máquina de pruebas; y rapidez de la aplicación de esfuerzo. Por esta razón, las pruebas deberán seguir una norma individual, sin desviación de los procedimientos prescritos. Las pruebas de resistencia a la compresión en especímenes tratados de manera normal, las cuales incluyen compactación completa y curado húmedo durante un período especificado, arrojan resultados que representan la cualidad potencial del concreto. Por supuesto, el concreto en la estructura puede ser inferior en realidad, por ejemplo, a causa de una compactación inadecuada, segregación, o un curado pobre. Los especímenes de prueba son curados en condiciones tan cercanamente similares como sea posible a aquéllas existentes en la estructura real. La edad en la cual los especímenes de servicio se ponen a prueba está regida por la información requerida. Por otro lado, los especímenes estandarizados se prueban a edades prescritas, generalmente a los 28 días, con pruebas adicionales hechas con frecuencia a 3 y 7 días (Neville, 2013).

El presente trabajo de investigación realizará un análisis comparativo del concreto elaborado con cemento Pacasmayo, Nacional y Quisqueya Tipo I y agregados de cantera de río y cerro diseñados a un $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$. Con la finalidad de analizar la resistencia a la compresión, buscando que se adecue a las necesidades y características de nuestra región.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál de los concretos elaborados con tres marcas de cementos (Pacasmayo, Quisqueya y Nacional) Portland Tipo I y agregados de cantera de río y cerro genera mayor resistencia al diseñar a un $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Comparar la resistencia a la compresión del concreto diseñado a un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con tres marcas de cementos (Pacasmayo, Quisqueya y Nacional) Portland Tipo I con agregado de cantera de río y cerro.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar ensayos para la determinación de las propiedades de los agregados.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto elaborado con tres marcas de cementos (Pacasmayo, Quisqueya y Nacional) Portland Tipo I y con cantera de río y cerro, en los tiempos de curado de 7, 14 y 28 días.

1.4. Hipótesis

La resistencia a compresión del concreto diseñado a un $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ utilizando cemento Pacasmayo Portland Tipo I con agregado de cantera de río genera mayor resistencia con respecto a los otros cementos y agregados de cantera de río y cerro.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de diseño de investigación es experimental aplicada.

2.2. Población y muestra

Por ser una investigación experimental, la población estará constituida por todas las probetas diseñadas.

La muestra es elegida por conveniencia de los investigadores, debido a la complejidad en la determinación de la población. En la Tabla 1 mostramos la cantidad de ensayos que se utilizará en la presente investigación:

Tabla 1: *Número de ensayos a realizar en la presente investigación*

	Agregado de Cerro			Agregado de Río		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
Cemento Pacasmayo	6	6	6	6	6	6
Cemento Quisqueya	6	6	6	6	6	6
Cemento Nacional	6	6	6	6	6	6

Por lo tanto, se tiene una muestra de 108 probetas, lo que significa que será el número de ensayos a realizar.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

En la presente investigación se usó hojas de cálculo para el procesamiento de información, se elaboró tablas basadas en las normas Asociación Americana de Pruebas de Materiales (ASTM) y Norma Técnica Peruana (NTP) de acuerdo al ensayo realizado que se muestran a continuación. También se revisaron las normas técnicas peruanas, las mismas que facilitaron el adecuado desarrollo de la investigación.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Para la recolección de datos se utilizó protocolos, en donde se anotaron los resultados obtenidos de los diferentes ensayos realizados.

- ✓ Para los ensayos de los agregado fino y grueso los datos obtenidos de las lecturas de las balanzas, según los protocolos del ensayo.
- ✓ Para los ensayos de concreto fresco, al igual que en los ensayos de agregados, los datos serán obtenidos de las lecturas de los instrumentos de medición usados tales como: Balanza y wincha; según los pasos establecidos en los protocolos del ensayo.
- ✓ Para los ensayos en concreto endurecido, los datos serán obtenidos de los instrumentos de medición, tales como: Deformímetro, indicador de carga, cronómetro, según procedimiento establecido en la norma ASTM C 39 o NTP 339.034.

Para el análisis de datos se realizó la comparación entre los datos encontrados en cada ensayo con las normas técnicas peruanas, las mismas que mencionamos a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2: *Guías de Normas Técnicas Peruanas*

Norma	Descripción	Aplicación en la investigación
(NTP-400.012, 2013)	Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global	Determinar la distribución por tamaño de las partículas de agregado fino y grueso mediante tamizado.
(NTP-400.021, 2002)	Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.	Determinar el peso específico seco, el peso específico húmedo saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción de agregado grueso.
(NTP-400.017, 2011)	Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.	Determinar el peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino.
(NTP-400.022, 2013)	Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.	Determinar el peso específico seco, el peso específico húmedo saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción de agregado fino.
(NTP-339.034, 2008)	“Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.	Determinar la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos Pacasmayo, Quisqueya y Nacional Tipo I y agregados de cantera de cerro y río.
(NTP-339.035, 2009)	Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams.	Determinar el asentamiento del concreto fresco en el laboratorio.
(NTP-339.183, 2003)	Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón en el laboratorio.	El curado de especímenes de concreto en el laboratorio será bajo un control riguroso de los materiales y las condiciones que estipulan este ensayo.

Fuente: Norma Técnica Peruana.

2.5. Procedimiento

Para la recolección de datos se utilizó el siguiente procedimiento.

2.5.1. Ubicación de la Cantera

Para nuestra investigación se eligió dos canteras, tanto para agregados de río como para agregados de cerro. Para los agregados de río se eligió la cantera “La Victoria”, la misma que se encuentra ubicada en las riberas del río Mashcón en las coordenadas UTM (-7.185080,-78.465827) en la localidad de La Victoria, Distrito y provincia de Cajamarca. En esta cantera tanto el agregado fino como el grueso está constituida por fragmentos de forma angular.

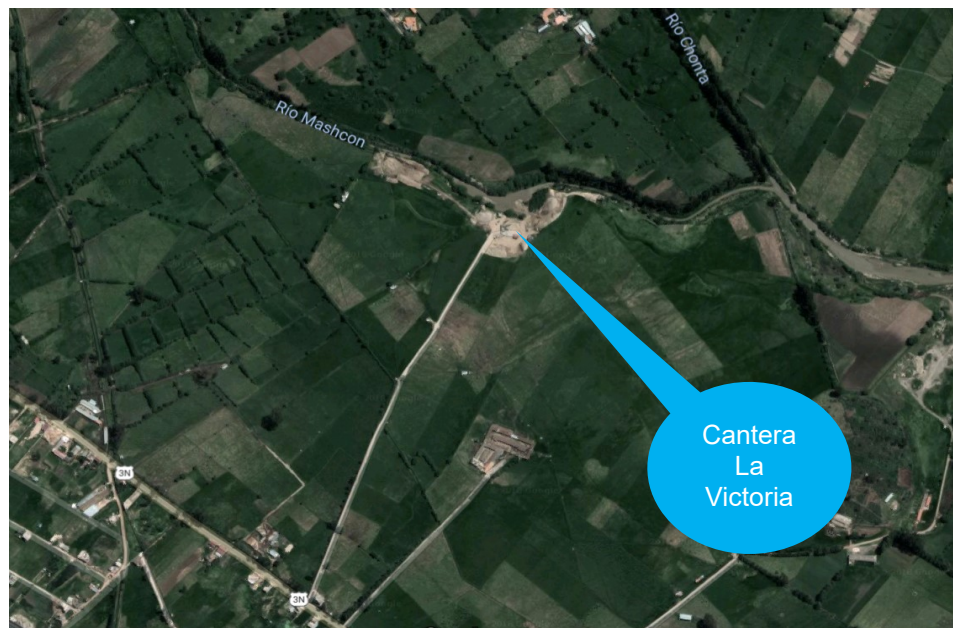


Figura 1: Mapa de ubicación de la cantera “La Victoria”

Fuente: Google Maps

Para los agregados de cerro se eligió la cantera “El Gavilán”, ubicada en la coordenada UTM (-7.244873,-78.469511) en el km 162.5 de la carretera Cajamarca Ciudad de Dios, en la localidad El Gavilán, Distrito y Provincia de Cajamarca. En esta cantera los agregados se encuentran en forma natural, pasa por unos tamices para separar el agregado fino y grueso.

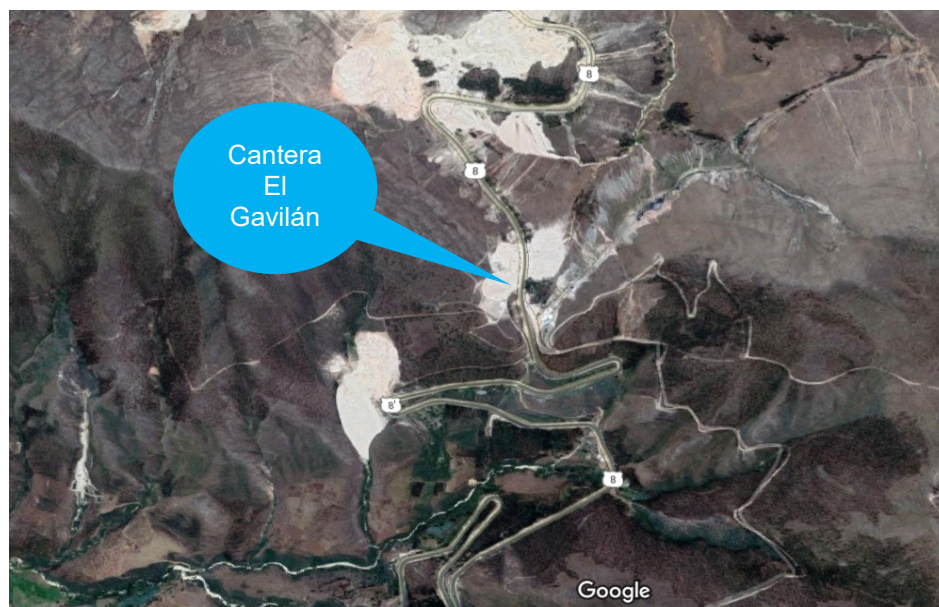


Figura 2: *Mapa de ubicación de la cantera “El Gavilán”*

Fuente: Google Maps

2.5.2. Ensayo de agregados

Los agregados son obtenidos de la cantera “La Victoria” y la cantera “El Gavilán”, donde se tuvo un cuidado especial al momento de su selección, estando libres de impurezas y de partículas orgánicas.

a) Ensayo granulométrico (NTP-400.012, 2013)

Este ensayo se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos, los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados. El ensayo consiste en separar a través de una serie de tamices, una muestra de agregado seco y de masa conocida. Los tamices van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de partículas, tales como se muestran en las Tablas 3 y 4.

Tabla 3: *Tamices para agregado grueso (A.G.)*

TAMIZ O MALLA	
Abertura (mm)	Nº
50.00	2"
37.50	1 ½"
25.00	1"
19.00	¾"
12.50	½"
9.50	3/8"

Cazoleta

Fuente: (NTP-400.012, 2013)

Tabla 4: *Tamices para agregado fino (A.F.)*

TAMIZ O MALLA	
Abertura (mm)	Nº
4.75	4
2.36	8
1.18	16
0.6	30
0.3	50
0.15	100
0.007	200

Cazoleta

Fuente:(NTP-400.012, 2013)

Para determinar si el material es bien gradado o no, se utiliza los siguientes usos granulométricos:

Tabla 5: *Límites de gradación de agregado*

Tamiz	Abertura del tamiz	Límite superior (%)	Límite inferior (%)
3/8"	9.5	100.00	100.00
Nº 4	4.750	100.00	95.00
Nº 8	2.360	100.00	80.00
Nº 16	1.180	85.00	50.00
Nº 30	0.600	60.00	25.00
Nº 50	0.300	30.00	5.00
Nº 100	0.150	10.00	0.00

Fuente: (NTP-400.012, 2013)

Materiales y equipos

- ✓ Agregado grueso.
- ✓ Agregado fino.
- ✓ Juego de mallas de 1 ½", 1", 3/4", 1/2", 3/8", Nº 4, Nº 8, Nº 16, Nº 30, Nº 50, Nº 100 y Nº 200.
- ✓ Balanza.
- ✓ Horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Taras
- ✓ Cucharón metálico.

Procedimiento

- a) **Agregado Fino**
 - Tomamos una muestra de agregado de la cantera seleccionada.
 - Se procede a seleccionar la muestra por el método del cuarteo.

- Luego pesamos la muestra obtenida (1500 gr).
- Luego introducimos el agregado en las mallas correctamente ordenadas de acuerdo a la norma NTP 400.012.
- Se comienza a agitar, para que sólo quede el material que en verdad es retenido.
- Una vez concluido el tamizado se procede a pesar lo que ha sido retenido en cada malla y en la cazoleta.

b) Agregado Grueso

- Tomamos una muestra de agregado de la cantera seleccionada.
- Se procede a seleccionar la muestra por el método del cuarteo.
- Luego pesamos la muestra obtenida (8000 gr).
- Luego introducimos el agregado en las mallas correctamente ordenadas de acuerdo a la norma NTP 400.012.
- Se comienza a agitar, para que sólo quede el material que en verdad es retenido.
- Una vez concluido el tamizado se procede a pesar lo que ha sido retenido en cada malla.

Luego de realizar dicho ensayo tanto en el agregado grueso y fino se pasa a la elaboración de los cálculos.

(Ver imágenes en el Anexo N° 4 numeral 2).

b) Ensayo de Contenido de Humedad (NTP-339.185, 2013)

Este ensayo tiene por finalidad, determinar el contenido de humedad de una muestra de agregado, el método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo.

Materiales y equipos

- ✓ Agregado grueso con humedad natural.
- ✓ Agregado fino con humedad natural.
- ✓ Horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Balanza.
- ✓ Taras
- ✓ Cucharón metálico

Procedimiento

☐ Agregado Fino

- Peso de taras.
- Cálculo aproximado de material.
- Se colocó el agregado fino húmedo en las taras y se pesó.
- Se introdujo en el horno durante 24 horas a una temperatura de 100°C .
- Luego del tiempo transcurrido se dejó enfriar la muestra de agregado a la temperatura de ambiente para luego ser pesada (tara + muestra seca).
- Después se realizó el cálculo del contenido de humedad.

□ **Agregado Grueso**

- Peso de taras.
- Cálculo aproximado de material.
- Se colocó el agregado grueso húmedo en las taras y se pesó.
- Se introdujo en el horno durante 24 horas a una temperatura de 100°C .
- Luego del tiempo transcurrido se dejó enfriar la muestra de agregado a la temperatura ambiente para luego ser pesada (tara + muestra seca).
- Después se realizó el cálculo del contenido de humedad.

(Ver imágenes en el Anexo N° 5 numeral 6).

c) **Ensayo de Peso Unitario (NTP-400.017, 2011)**

Se denomina peso unitario suelto (PUS) cuando para determinarla se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela al ras con una varilla, Se denomina peso unitario compactado (PUC) cuando el agregado ha sido sometido a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria.

Materiales y equipos

- ✓ Agregado grueso y/o fino en cantidad suficiente que exceda la capacidad del molde.
- ✓ Balanza con precisión de 0.1%.

- ✓ Varilla compactadora: Una varilla lisa redonda de acero de 5/8" de diámetro y 24" de largo, teniendo un extremo o ambos redondeados a una punta semiesférica de 5/8" de diámetro.
- ✓ Recipiente volumétrico (molde).
- ✓ Cucharón metálico de tamaño conveniente para llenar el molde.

Procedimiento

- Peso unitario suelto para el agregado fino y grueso**
 - Determinar el peso del molde.
 - Colocar el molde en un sitio nivelado sobre una bandeja metálica.
 - Luego con la ayuda del cucharón metálico colocamos el agregado en el molde desde una altura que no exceda de 2".
 - Después pasamos a nivelar con la varilla.
 - Luego se pesó el molde con el agregado anotando así el valor obtenido en kg.
 - Este procedimiento se realizó 2 veces más (agregado grueso y fino).

- Peso unitario compactado para el agregado fino y grueso**
 - Determinar el peso del molde.
 - Colocar el molde en un sitio nivelado sobre una bandeja metálica.
 - Introducimos el material en el molde hasta un tercio de su altura.

- Luego compactamos con la varilla con 25 golpes uniformemente.
- Después llenamos el molde hasta dos tercios su altura, para nuevamente compactar con la varilla con 25 golpes.
- Luego se llena el molde con una última capa hasta rebosarlo, aplicando así 25 golpes más con la varilla.
- Enrasar con la misma varilla y luego pesamos en la balanza, obteniendo así el peso del material compactado más el molde.
- El procedimiento se realizó dos veces más, para así obtener un promedio de los tres valores obtenidos.

(Ver imágenes en el Anexo N° 5 numeral 3).

d) Peso específico y absorción:

Peso específico es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a temperaturas indicadas. Absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en agua.

☐ Agregado grueso (NTP 400.021, 2002).

Materiales y equipos

- Muestra de agregado grueso.
- Balanza.
- Franela.
- Taras.
- Canastilla metálica.
- Tanque con agua.

Procedimiento

- Se seleccionó la muestra de agregado grueso.
 - Se remojó el agregado durante 24 horas en agua.
 - Luego de 24 horas se secó el agregado con una franela, para que éste se encuentre en estado saturado superficialmente seco (SSS).
 - Después se pesó una tara en donde se colocó el agregado.
 - Luego pesamos la muestra en estado de las SSS con la tara.
 - Se depositó la muestra en una canastilla metálica, la cual fue sumergida en el tanque con agua, sujeta a un gancho la cual conectaba con una balanza, obteniendo así el peso sumergido del agregado.
 - Luego se colocó la muestra en una tara, la cual fue pesada y después colocada en el horno durante 24 horas.
 - Después de las 24 horas se pasó a retirar la muestra del horno, la cual fue pesada.
- **Agregado fino (NTP 400.022, 2002).**

Materiales y equipos

- Muestra de agregado fino.
- Molde de cono truncado
- Apisonador.
- Balanza.

- Taras.
- 1 fiola de 1000 ml.
- Agua.

Procedimiento

- Se seleccionó la muestra de agregado grueso.
- Se remojó el agregado durante 24 horas en agua.
- Luego de 24 horas se dejó secar a intemperie a temperatura ambiente para que éste se encuentre en estado saturado superficialmente seco (SSS).
- Después se comprobó si la muestra estaba en estado de las SSS, realizando así un ensayo en un pequeño cono metálico truncado con un apisonador, el cono metálico es colocado con su diámetro mayor debajo, luego se introduce el agregado hasta rebasar el cono luego se compactada con 25 golpes, luego se enrasa y finalmente el conito es levantado para así comprobar si el agregado está o no en estado saturado superficialmente seco.
- Después se pesó una tara en donde se colocó el agregado.
- Luego pesamos la muestra en estado de las SSS (500 gr) con la tara.
- Luego pasamos a pesar la fiola, para después llenar de agua hasta los 1000 ml y pesamos, obteniendo así el peso de la fiola más el agua.

- Después vaciamos un poco del agua que se encuentra en la fiola para así introducir el agregado fino (500 gr).
- Luego agitamos la fiola que contiene al agregado aproximadamente durante 20 minutos.
- Después del tiempo transcurrido se llena la fiola con agua hasta los 1000 ml y pesamos.
- Colocamos el material que se encuentra en la fiola en una tara y lo colocamos en el horno durante 24 horas.
- Luego de 24 horas sacamos el material seco y lo pesamos.

(Ver imágenes en el Anexo N° 5 numeral 5).

2.5.3. Ensayos de concreto en estado fresco

a) Medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams (NTP-339.035, 2009)

Procedimiento para determinar la docilidad del concreto fresco por el método del asentamiento del cono de Abrams, ya sea en laboratorio o en obra.

Objetivo

Determinar el asentamiento del concreto fresco, mediante el uso del cono de Abrams

Materiales

- Cono de Abrams de medidas estándar
- Varilla para apisonado de fierro liso de diámetro 5/8" y punta redondeada $l = 60\text{cm}$

- Wincha metálica
- Plancha metálica (badilejo)

Procedimiento

- El concreto muestreado no debe tener más de 1 hora de preparado, entre la obtención de la muestra y el término de la prueba no deben pasar más de 10 minutos.
- Se colocó el molde limpio y humedecido con agua sobre una superficie plana y humedecida, pisando las aletas.
- Se colocó una carga de concreto hasta un tercio del volumen (67 mm de altura) y apasionar con la varilla lisa uniforme, contando 25 golpes, después verter una segunda capa de concreto (155 mm de altura) y nuevamente apasionar con la varilla lisa uniforme, contacto 25 golpes. Los golpes en esta capa deben llegar hasta la capa anterior.
- Seguidamente, vertimos una tercera capa (en exceso) y repetir el procedimiento, siempre teniendo cuidado en que los golpes lleguen a la capa anterior. Como es usual, les faltara un poco de concreto al final, así es que tendrán que rellenar al faltante y enrasar el molde con la varilla lisa. Desde el inicio del procedimiento, hasta este punto no deben de haber pasado más de 2 minutos. Es permitido dar un pequeño golpe al molde con la varilla para que se produzca la separación del pastón.
- Se procede a retirar el molde con mucho cuidado (no deberá hacerse en menos de 5 segundos), se coloca invertido al

lado del pastón, y colocamos la varilla sobre este para poder determinar la diferencia entre la altura del molde y la altura media de la cara libre del cono deformado.

(Ver imágenes en el Anexo N° 5 numeral 7).

2.5.4. Ensayos del concreto en estado endurecido

a) Resistencia a la compresión en testigos cilíndricos (NTP-339.034, 2008)

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos a una velocidad que se encuentra dentro de un rango prescrito hasta que ocurra la falla. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo por el área de la sección transversal del espécimen.

Objetivo

El objetivo principal del ensayo consiste en determinar la máxima resistencia a la compresión de un cilindro de muestra de un concreto a una carga aplicada axialmente.

Materiales

- Probetas de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro.
- Máquina de ensayo a compresión.
- Deformímetro.
- Vernier.
- Wincha.
- Cronómetro.

Procedimiento

- Llenamos la probeta en tres capas de igual altura y cada capa se apasiona con una varilla lisa de 16 mm de diámetro con uno de sus extremos redondeados, la cual se introduce 25 veces por capa en diferentes sitios de la superficie del concreto, teniendo en cuenta de que la varilla solo atraviese la capa que este está compactando, sin pasar a la capa siguiente. Al final de la compactación se contempla el llenado del molde con más mezcla y se alisa la superficie con la ayuda de una regla.
- Una vez que se ha llenado cada capa, se dan unos golpes con la varilla o con un martillo de caucho a las paredes de este, hasta que la superficie del concreto cambie de mate a brillante, con el objeto de eliminar las burbujas de aire que se hayan podido adherir al molde o hayan quedado embebidas en el concreto.
- Las probetas recién confeccionadas deben quedar en reposo, en sitio cubierto y protegidos de cualquiera golpe o vibración y al día siguiente se les quita el molde cuidadosamente. Inmediatamente después de remover el molde, los cilindros deben ser sometidos a un proceso de curado en tanques de agua con cal, o en un cuarto de curado a 230 C, con el fin de evitar la evaporación del agua que contiene la probeta, por la acción del aire o del sol, y en condiciones estables de temperatura para que el desarrollo de resistencia se lleve a cabo en condiciones

constantes a través del tiempo. En estas condiciones las probetas deben permanecer hasta el día del ensayo.

(Ver imágenes en el Anexo N° 5 numeral 10).

2.5.5. Elaboración de probetas cilíndricas de concreto

Una vez completado los materiales y equipos, se empieza hacer el diseño de mezclas para obtener las proporciones adecuadas, luego se cubre el interior de los moldes cilíndricos de petróleo, después se elaboró la mezcla en una mezcladora de 9 pie^3 de capacidad.

Se humedeció la mezcladora de concreto, para que así no absorba el agua de la mezcla, luego se pasó a introducir el agregado grueso seguidamente del agregado fino y del cemento dejando mezclar en seco, luego se introdujo el agua y dejamos mezclar hasta que la mezcla sea homogénea, teniendo, así como resultado el concreto para la elaboración de probetas tanto para los cementos Pacasmayo, Quisqueya y Nacional.

Luego de tener lista nuestra mezcla, pasamos a realizar el ensayo de asentamiento (NTP 339.035), con la finalidad de conocer la consistencia del concreto elaborado.

Luego de realizar los ensayos mencionados anteriormente se pasa a elaborar las probetas de concreto, añadiendo así al molde cilíndrico de $15 \times 30 \text{ cm}$ el concreto en tres capas, añadiéndole a cada un 25 golpe con una varilla de acero. A cada capa se lo golpea con un mazo de goma de 10 a 15 golpes, se enraza y se pule la superficie con una plancha de metal.

Después de 24 horas se desmolda y se pasa a colocarlas en una poza llena de agua para ser curadas, las probetas elaboradas se ensayan en una prensa de compresión a los 7 días, 14 días y 28 días de edad.

(Ver imágenes en el Anexo N° 5 numeral 8).

2.5.6. Diseño de mezclas de concreto

En la presente investigación se usará el Método de módulo de fineza de la combinación de agregados, de acuerdo al autor (Rivva López, 2015) en su libro Tecnología del concreto: Diseño de mezclas, manifiesta que hay muchos investigadores que cuestionan el método de diseño ACI, de tal manera que se tiene un procedimiento en el cual la relación fino grueso se modifique en función del contenido pasta en consideración del contenido de cemento de esta.

En el método de módulo de fineza de la combinación de agregados los contenidos de agregado fino y grueso varían para las diferentes resistencias siendo esta variación función, principalmente de la relación agua-cemento y del contenido total de agua, expresados a través del contenido de mezcla del cemento.

Este método tiene una consideración fundamental además de lo ya expresado, la primera de que el módulo de fineza del agregado fino o grueso, es un índice de superficie específica y que en la medida en que esta aumente, se incrementa la demanda de pasta.

Este método permite obtener una mezcla más óptima. De acuerdo al Ingeniero Samuel Laura Huanca de la Universidad Nacional de Altiplano – Puno hace las consideraciones básicas para los diseños de mezclas.

- a) **Economía:** El costo del concreto es la suma del costo de los materiales, de la mano de obra empleada y el equipamiento. Sin embargo, excepto para algunos concretos especiales, el costo de la mano de obra y el equipamiento son muy independientes del tipo y calidad del concreto producido. La economía de un diseño de mezcla en particular también debería tener en cuenta el grado de control de calidad que se espera en obra (Laura, 2006).
- b) **Trabajabilidad:** Claramente un concreto apropiadamente diseñado debe permitir ser colocado y compactado apropiadamente con el equipamiento disponible. El acabado que permite el concreto debe ser el requerido y la segregación y sangrado deben ser minimizados. Como regla general el concreto debe ser suministrado con la trabajabilidad mínima que permita una adecuada colocación. La cantidad de agua requerida por trabajabilidad dependerá principalmente de las características de los agregados en lugar de las características del cemento (Laura, 2006).
- c) **Resistencia y Durabilidad:** En general las especificaciones del concreto requerirán una resistencia mínima a compresión. Estas especificaciones también podrían imponer limitaciones en la máxima relación agua/cemento (a/c) y el contenido mínimo de cemento. Es importante asegurar que estos requisitos no sean mutuamente incompatibles. Como veremos en otros capítulos, no necesariamente la resistencia a compresión a 28 días será la más importante, debido a esto la resistencia a otras edades podría controlar el diseño (Laura, 2006).

Información requerida para el diseño de mezclas

- Análisis granulométrico de los agregados
- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso)
- Peso específico de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)
- Tipo y marca del cemento
- Peso específico del cemento
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

Pasos para el proporcionamiento: Podemos resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

- Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de obra.
- Elección de la resistencia promedio ($f'cr$).
- Elección del asentamiento (Slump).
- Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
- Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
- Selección de la relación agua/cemento (a/c).
- Cálculo del contenido de cemento.
- Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
- Ajustes por humedad y absorción.
- Cálculo de proporciones en peso.

Especificaciones Técnicas

Antes de diseñar una mezcla de concreto debemos tener en mente, primero, el revisar los planos y las especificaciones técnicas de obra, donde podremos encontrar todos los requisitos que fijó el ingeniero proyectista para que la obra pueda cumplir ciertos requisitos durante su vida útil.

a) Elección de la Resistencia Promedio

Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará para la determinación de la resistencia promedio requerida, la Tabla 6.

Tabla 6: *Resistencia a la compresión promedio*

$f'c$	$f'cr$
Menos de $210 f'cr + 70$	Menos de $210 f'cr + 70$
210 a $350 f'cr + 84$	210 a $350 f'cr + 84$
sobre $350 f'cr + 98$	sobre $350 f'cr + 98$

Fuente: (SENCICO, 2009)

b) Elección del asentamiento (Slump)

Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la Tabla 7:

Tabla 7: *Consistencia de la mezcla del concreto*

Tipo de Consistencia	Asentamiento	
	plg	cm
Seca	0 - 1	0 - 2.5
Semiplástica	1 - 3	2.5 - 7.5
Plástica	3 - 5	7.5 - 12.5
Semifluida	5 - $7\frac{1}{2}$	12.5 - 19.0
Fluida	$>7\frac{1}{2}$	>19.0

Fuente: ACI 309

c) Selección de tamaño máximo del agregado

Para obtener el tamaño máximo, tamaño máximo nominal y módulo de finura se realiza el ensayo de granulometría a los agregados de una determinada cantera (NTP-400.012, 2013).

d) Estimación del agua de mezclado y contenido de aire

La Tabla 8, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

Tabla 8: *Volumen Unitario del Agua (Concreto sin aire incorporado)*

Asentamiento	Agua en l/m^3 para los tamaños máximos nominales del agregado grueso y consistencia indicada			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	193
6" a 7"	243	228	216	202

Fuente: Comité 211 del ACI

e) Elección de la relación agua/cemento (a/c)

Para la selección de la relación a/c, se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga los requerimientos de durabilidad.

Tabla 9: *Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto*

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'_{cr}) (kg/cm^2)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Comité 211 del ACI

f) Cálculo del contenido de cemento

Una vez que la cantidad de agua y la relación agua/cemento han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación agua/cemento. Sin embargo, es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser especificados para asegurar un acabado satisfactorio, determinada calidad de la superficie vertical de los elementos o trabajabilidad.

g) Método del módulo de fineza de la combinación de agregados:

En este método los contenidos de agregado fino y gruesos varían para las diferentes resistencias, siendo esta variación función principalmente de la relación agua-cemento y del contenido total de agua expresados a través del contenido de cemento de la mezcla.

Las investigaciones realizadas en la Universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso, cuando éstos tienen granulometrías comprendidas dentro de los límites que establece la Norma ASTM C 33, debe producir un concreto trabajable en condiciones ordinarias, si el módulo de fineza de la combinación de agregados se aproxima a los valores indicados en la Tabla 10.

Luego obtenemos el módulo de fineza de la combinación de agregados (mc), al mismo tiempo contamos, previamente, con valores de los módulos de fineza del agregado fino (mf) y del agregado grueso (mg), de los cuales haremos uso para obtener el porcentaje de agregado fino respecto al volumen total de agregados mediante la siguiente fórmula:

Tabla 10: *Módulo de fineza de la combinación de agregados*

Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso		Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para contenidos de cemento en sacos/metro cubico indicados				
mm	plg	5	6	7	8	9
10	3/8	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
12.5	1/2	4.38	4.46	5.54	4.61	4.69
20	3/4	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
25	1	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
40	1 1/2	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
50	2	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
70	3	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Comité 211 del ACI

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Ensayos a los materiales

3.1.1. Agregados

En las Tablas 11 y 12, mostramos el resumen de los ensayos de los agregados tanto de cerro como de río, realizados en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca

Tabla 11: *Propiedades físicas de los agregados de cerro obtenidas de laboratorio*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AGREGADO	
		FINO	GRUESO
Perfil		-	Angular
Tamaño Máximo Nominal		-	3/4
Peso específico aparente	gr/cm ³	2.59	2.58
PUSS	gr/cm ³	1.76	1.36
PUSC	gr/cm ³	1.94	1.55
Contenido de humedad	%	4.80	1.06
Absorción	%	2.00	0.81
Módulo de finura (MF)		2.67	6.67

Tabla 12: *Propiedades físicas de los agregados de río obtenidas de laboratorio*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AGREGADO	
		FINO	GRUESO
Perfil		-	Angular
Tamaño Máximo Nominal		-	3/4
Peso específico aparente	gr/cm ³	2.57	2.14
PUSS	gr/cm ³	1.69	1.34
PUSC	gr/cm ³	1.82	1.47
Contenido de humedad	%	4.90	1.56
Absorción	%	2.04	3.37
Módulo de finura (MF)		2.88	6.76

3.1.2. Cemento

Se evaluó con 3 tipos de cemento.

- Cemento Pacasmayo Portland Tipo I, norma (NTP-334.009, 2016), con peso específico 3.10 g/cm^3 .
- Cemento Quisqueya Portland Tipo I, norma (ASTM-C150, 2007), con peso específico 3.11 g/cm^3 .
- Cemento Nacional Portland Tipo I, norma (ASTM-C150, 2007), con peso específico 3.09 g/cm^3 .

3.1.3. Agua

Agua cumple la (NTP-339.088, 2006)

3.2. Diseños de mezclas

Se realizó el diseño con el método del módulo de fineza de la combinación de agregados, ver diseños de mezclas en el Anexo 3 y ver resumen en la Tabla 13.

Tabla 13: *Proporción en peso de los materiales corregidos*

Agregado de Cerro	Agregado de Rio
Cemento Pacasmayo	Cemento Pacasmayo
1 : 1.32 : 2.46 / 17.93 lts/bolsa	1 : 1.45 : 1.94 / 19.49 lts/bolsa
Cemento Quisqueya	Cemento Quisqueya
1 : 1.33 : 2.46 / 17.93 lts/bolsa	1 : 1.45 : 1.97 / 19.49 lts/bolsa
Cemento Nacional	Cemento Nacional
1 : 1.32 : 2.46 / 17.93 lts/bolsa	1 : 1.45 : 1.97 / 19.49 lts/bolsa

3.3. Prueba de consistencia del concreto

Para la elaboración del concreto se encontró los siguientes resultados, los mismos que mostramos en la Tabla 14.

Tabla 14: *Consistencia de los concretos fresco*

	Agregado de río			Agregado de cerro		
	Pacasmayo	Quisqueya	Nacional	Pacasmayo	Quisqueya	Nacional
7 días	8.3 cm	8.5 cm	8.3 cm	8.4 cm	8.6 cm	8.2 cm
14 días	8.9 cm	8.4 cm	8.5 cm	8.9 cm	8.1 cm	8.7 cm
28 días	8.6 cm	8.8 cm	8.6 cm	8.3 cm	8.3 cm	8.5 cm

Se concluye que en la presente investigación la consistencia es blanda

3.4. Ensayos de probetas cilíndricas a compresión

Los resultados obtenidos luego de someter al ensayo a compresión tanto de las probetas elaborados con agregados de cerro y río en las siguientes Tablas 15-34:

- **Probetas elaboradas con agregados de cerro.**

Tabla 15: *Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Pacasmayo 7 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de Resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
PC1-7d	351.32	95.73%		
PC2-7d	343.00	93.46%		
PC3-7d	351.52	95.78%	348.52	94.96%
PC4-7d	345.30	94.09%		
PC5-7d	354.20	96.51%		
PC6-7d	345.75	94.21%		

Tabla 16: *Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Quisqueya 7 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
QC1-7d	430.06	117.18%		
QC2-7d	472.69	128.80%		
QC3-7d	470.48	128.20%	457.57	124.68%
QC4-7d	437.91	119.32%		
QC5-7d	468.36	127.62%		
QC6-7d	465.90	126.95%		

Tabla 17: *Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Nacional 7 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
NC1-7d	370.54	100.96%		
NC2-7d	368.77	100.48%		
NC3-7d	360.49	98.23%	368.11	100.30%
NC4-7d	344.55	93.88%		
NC5-7d	382.27	104.16%		
NC6-7d	382.01	104.09%		

Tabla 18: *Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Pacasmayo 14 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
PC1-14d	336.96	91.82%		
PC2-14d	330.92	90.17%		
PC3-14d	332.01	90.47%	337.65	92.00%
PC4-14d	337.79	92.04%		
PC5-14d	336.82	91.78%		
PC6-14d	351.39	95.75%		

Tabla 19: *Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Quisqueya 14 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
QC1-14d	474.84	129.39%		
QC2-14d	494.68	134.79%		
QC3-14d	463.79	126.37%	471.99	128.61%
QC4-14d	467.39	127.35%		
QC5-14d	457.69	124.71%		
QC6-14d	473.55	129.03%		

Tabla 20: *Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Nacional 14 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
NC1-14d	364.27	99.26%		
NC2-14d	391.95	106.80%		
NC3-14d	408.19	111.22%	383.70	104.55%
NC4-14d	372.17	101.41%		
NC5-14d	337.85	92.06%		
NC6-14d	427.78	116.56%		

Tabla 21: *Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Pacasmayo 28 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
PC1-28d	473.16	128.93%		
PC2-28d	482.07	131.36%		
PC3-28d	467.12	127.28%	481.89	131.31%
PC4-28d	471.35	128.43%		
PC5-28d	490.51	133.65%		
PC6-28d	507.15	138.19%		

Tabla 22: *Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Quisqueya 28 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
QC1-28d	518.57	141.30%		
QC2-28d	519.92	141.67%		
QC3-28d	512.52	139.65%	518.15	141.18%
QC4-28d	504.75	137.54%		
QC5-28d	579.57	157.92%		
QC6-28d	473.55	129.03%		

Tabla 23: *Resistencia a la compresión: Agregado de cerro y cemento Nacional 28 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
NC1-28d	497.03	135.43%		
NC2-28d	460.58	125.50%		
NC3-28d	465.93	126.96%	492.34	134.15%
NC4-28d	489.62	133.41%		
NC5-28d	522.95	142.49%		
NC6-28d	517.95	141.13%		

▪ **Probetas elaboradas con agregados de río.**

Tabla 24: *Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Pacasmayo 7 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
PC1-7d	317.14	113.27%		
PC2-7d	310.17	110.77%		
PC3-7d	305.16	108.99%	308.56	110.20%
PC4-7d	314.37	112.27%		
PC5-7d	296.82	106.01%		
PC6-7d	307.72	109.90%		

Tabla 25: *Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Quisqueya 7 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
QC1-7d	438.59	156.64%		
QC2-7d	430.82	153.86%		
QC3-7d	417.94	149.27%	429.37	153.35%
QC4-7d	458.21	163.65%		
QC5-7d	405.96	144.99%		
QC6-7d	424.71	151.68%		

Tabla 26: *Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Nacional 7 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
NC1-7d	379.66	135.59%		
NC2-7d	367.69	131.32%		
NC3-7d	349.84	124.94%	367.54	131.26%
NC4-7d	369.09	131.82%		
NC5-7d	365.83	130.65%		
NC6-7d	373.09	133.25%		

Tabla 27: *Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Pacasmayo 14 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
PC1-14d	331.13	118.26%		
PC2-14d	334.16	119.34%		
PC3-14d	332.03	118.58%	333.82	119.22%
PC4-14d	325.04	116.09%		
PC5-14d	336.51	120.18%		
PC6-14d	344.06	122.88%		

Tabla 28: *Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Quisqueya 14 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
QC1-14d	497.09	177.53%		
QC2-14d	492.14	175.77%		
QC3-14d	490.53	175.19%	482.27	172.24%
QC4-14d	501.76	179.20%		
QC5-14d	455.46	162.67%		
QC6-14d	456.65	163.09%		

Tabla 29: *Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Nacional 14 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
NC1-14d	416.63	148.80%		
NC2-14d	430.41	153.72%		
NC3-14d	414.34	147.98%	406.49	145.17%
NC4-14d	427.61	152.72%		
NC5-14d	343.05	122.52%		
NC6-14d	406.89	145.32%		

Tabla 30: *Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Pacasmayo 28 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
PC1-28d	440.65	157.38%		
PC2-28d	464.18	165.78%		
PC3-28d	468.59	167.35%	450.32	160.83%
PC4-28d	447.77	159.92%		
PC5-28d	446.97	159.63%		
PC6-28d	433.78	154.92%		

Tabla 31: *Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Quisqueya 28 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
QC1-28d	489.81	174.93%		
QC2-28d	479.12	171.12%		
QC3-28d	504.78	180.28%	494.45	176.59%
QC4-28d	501.42	179.08%		
QC5-28d	498.69	178.10%		
QC6-28d	492.86	176.02%		

Tabla 32: *Resistencia a la compresión: Agregado de río y cemento Nacional 28 días*

Descripción	Resistencia (kg/cm^2)	% de resistencia	Promedio (kg/cm^2)	Promedio (%)
NC1-28d	442.52	158.04%		
NC2-28d	448.88	160.31%		
NC3-28d	450.48	160.89%	452.71	161.68%
NC4-28d	453.24	161.87%		
NC5-28d	473.89	169.25%		
NC6-28d	447.28	159.74%		

3.5. Comparación de resistencias de los concretos

Tabla 33: *Resistencia a la compresión promedio: Agregados de cerro 7, 14 y 28 días*

	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm^2)		
	7 días	14 días	28 días
Pacasmayo Tipo I	348.52	337.65	481.89
Quisqueya Tipo I	457.57	471.99	518.15
Nacional Tipo I	368.11	383.70	492.34

Tabla 34: *Resistencia a la compresión promedio: Agregado de río 7, 14 y 28 días*

	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm^2)		
	7 días	14 días	28 días
Pacasmayo Tipo I	308.56	333.82	450.32
Quisqueya Tipo I	429.37	482.27	494.45
Nacional Tipo I	367.54	406.49	452.71

A continuación, mostramos los resultados en gráficos de barras, tanto para agregados de cerro (Gráficos 3, 4 y 5), como para agregado de río (Gráficos 6, 7 y 8)

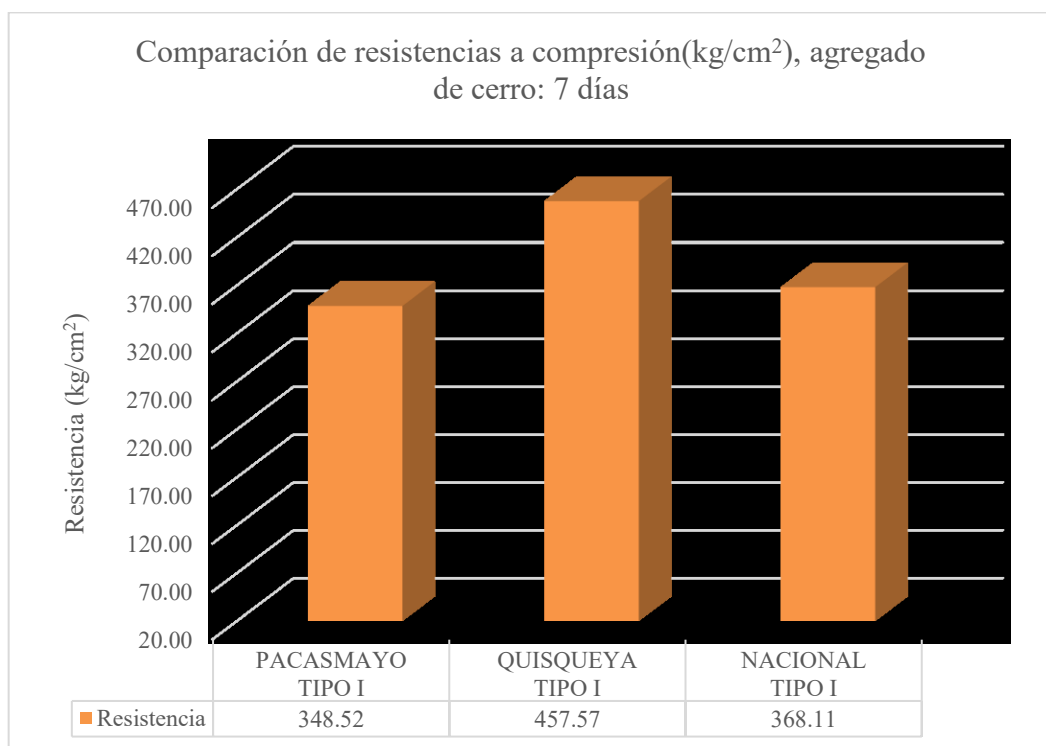


Figura 3: *Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con tres tipos de cementos y agregados de cerro, 7 días*

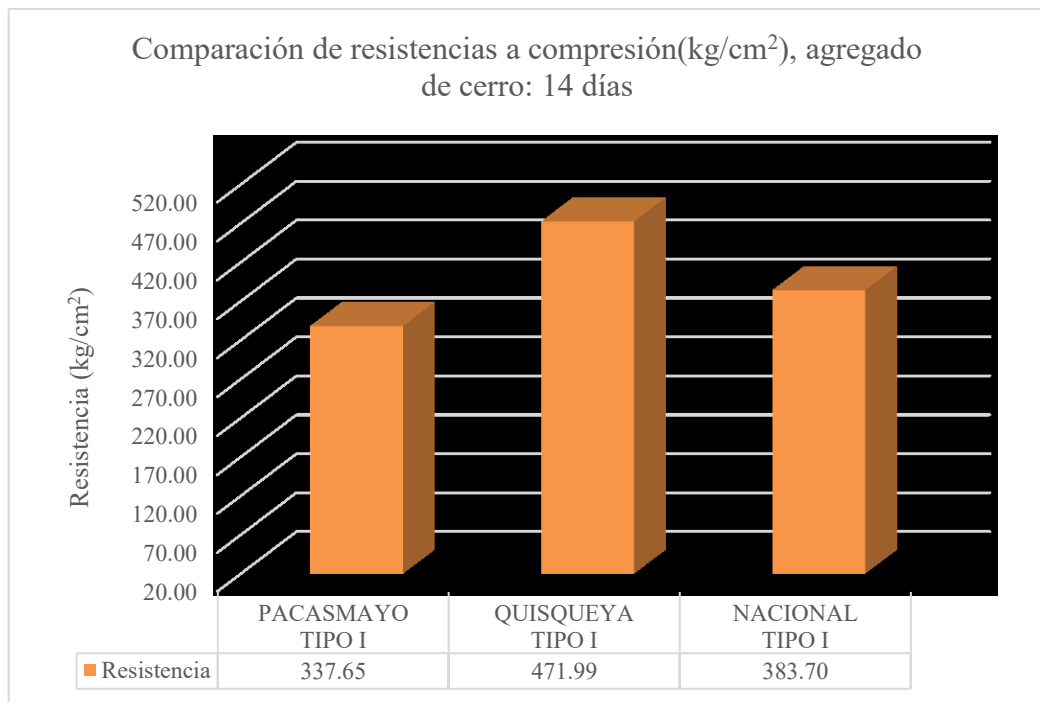


Figura 4: Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con tres tipos de cementos y agregados de cerro, 14 días

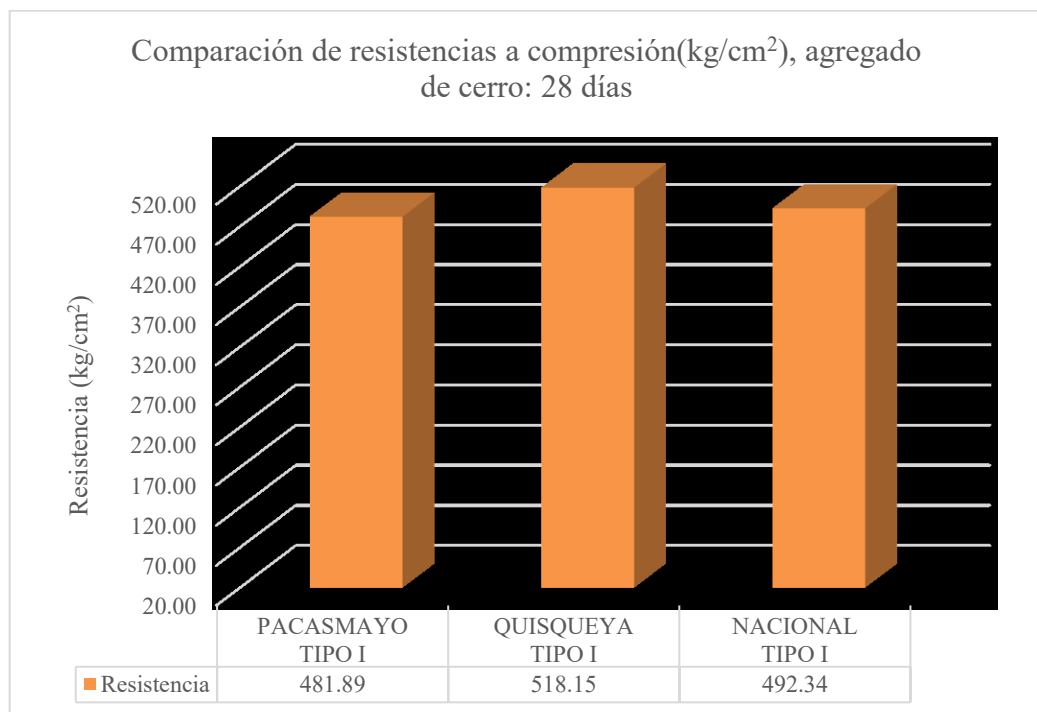


Figura 5: Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con tres tipos de cementos y agregados de cerro, 28 días

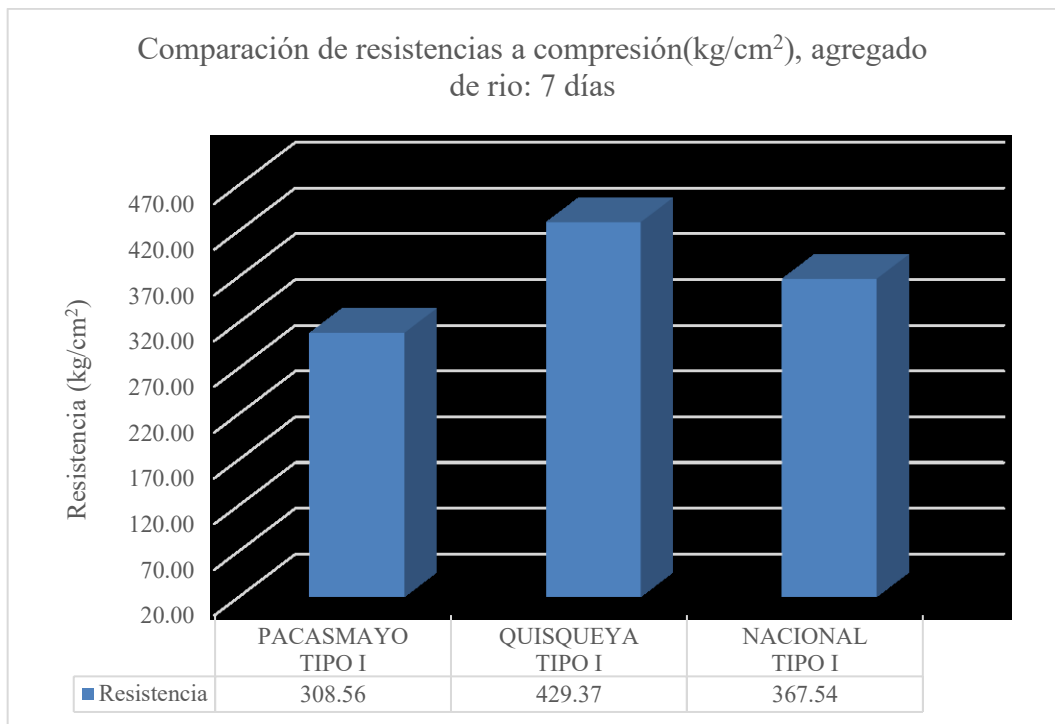


Figura 6: Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con tres tipos de cementos y agregados de río, 7 días

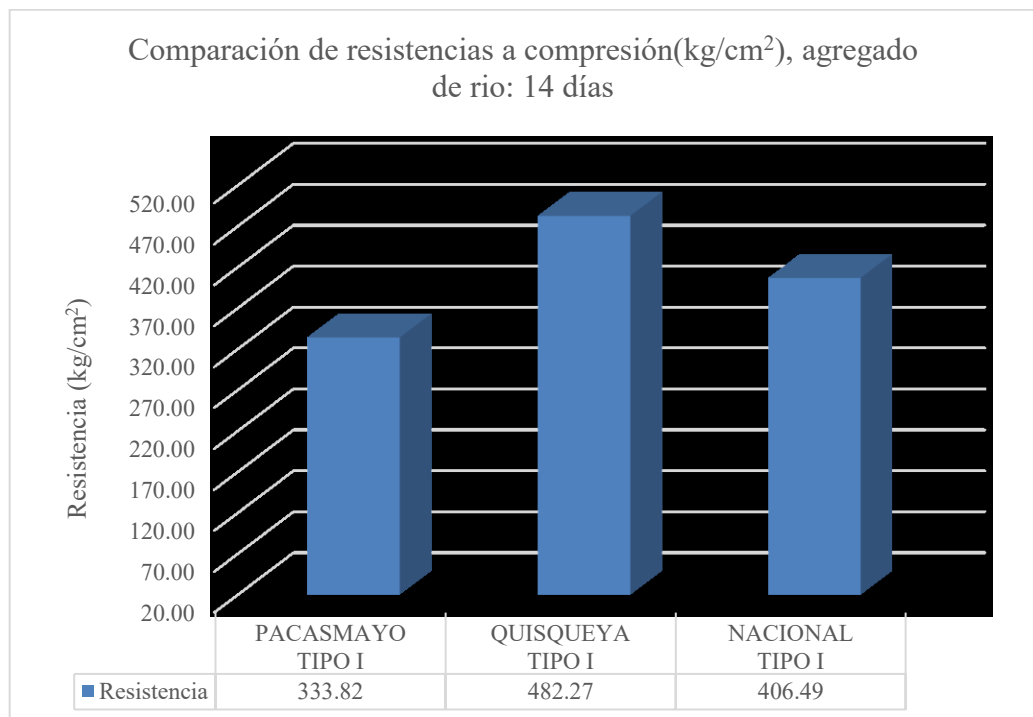


Figura 7: Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con tres tipos de cementos y agregados de río, 14 días

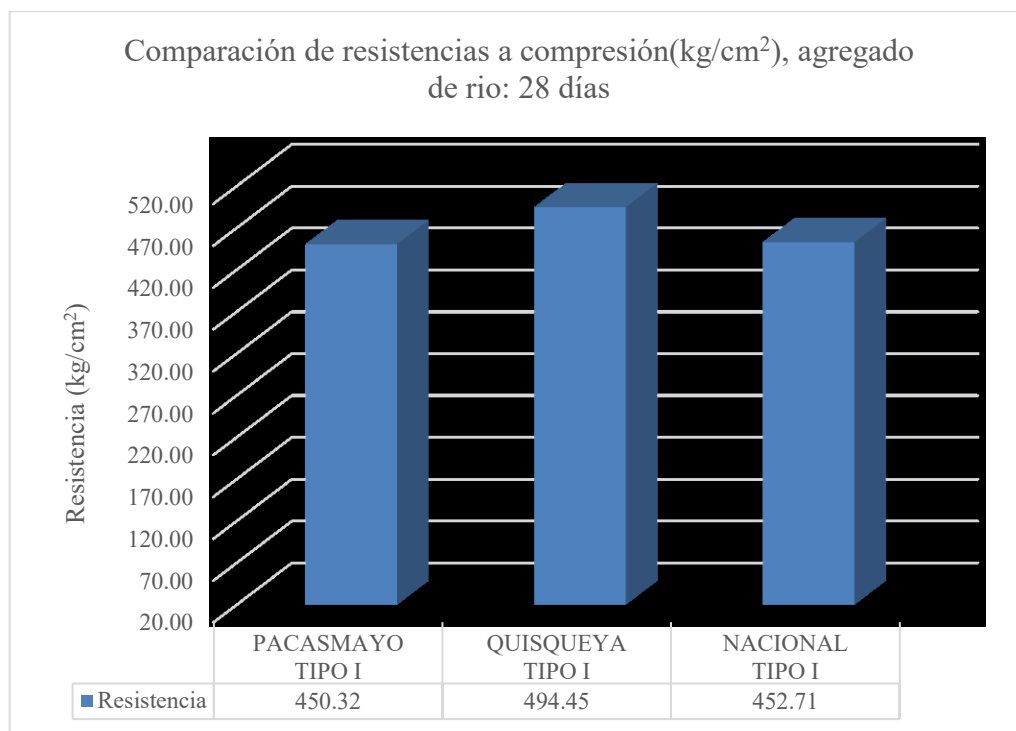


Figura 8: Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con tres tipos de cementos y agregados de río, 28 días

3.6. Comparación de resistencia a la compresión en función a canteras

Tabla 35: Resistencia a la compresión promedio en función a los agregados

	Resistencia promedio (kg/cm^2) agregado de cerro			Resistencia promedio (kg/cm^2) agregado de río		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
Pacasmayo Tipo I	348.52	337.65	481.89	308.56	333.82	450.32
Quisqueya Tipo I	457.57	471.99	518.15	429.37	482.27	494.45
Nacional Tipo I	368.11	383.70	492.34	367.54	406.49	452.71

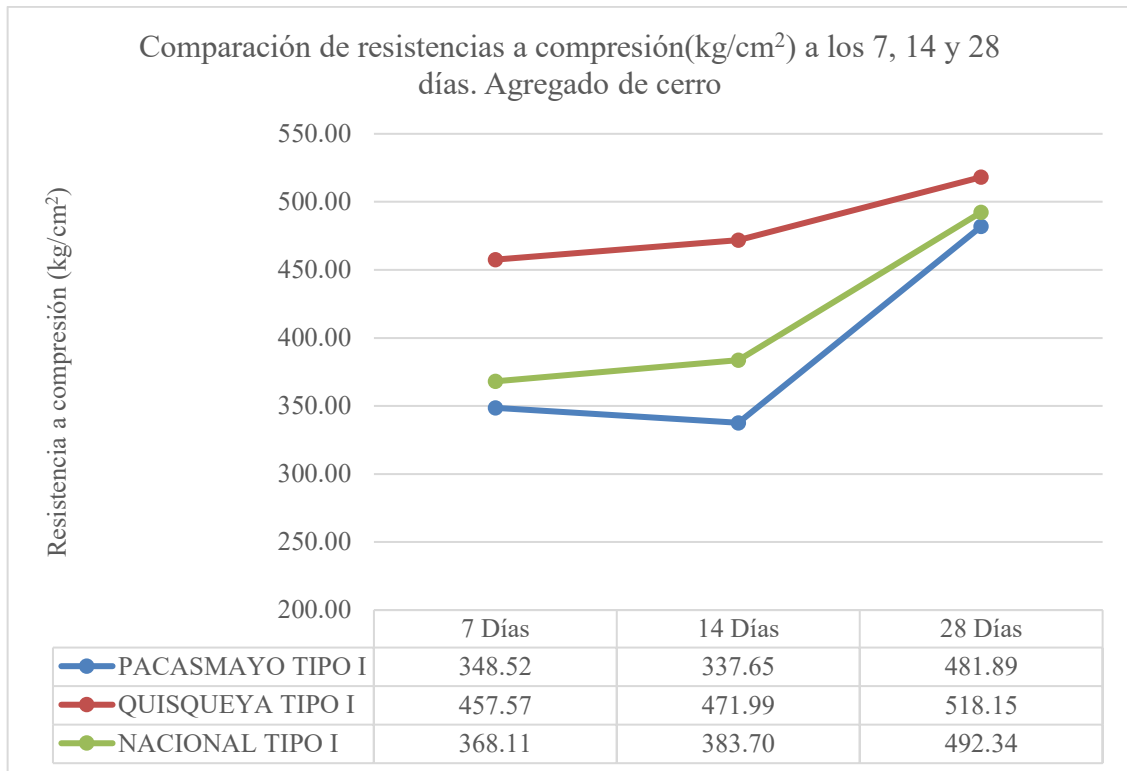


Figura 9: Comparación de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días: Agregado de cerro.

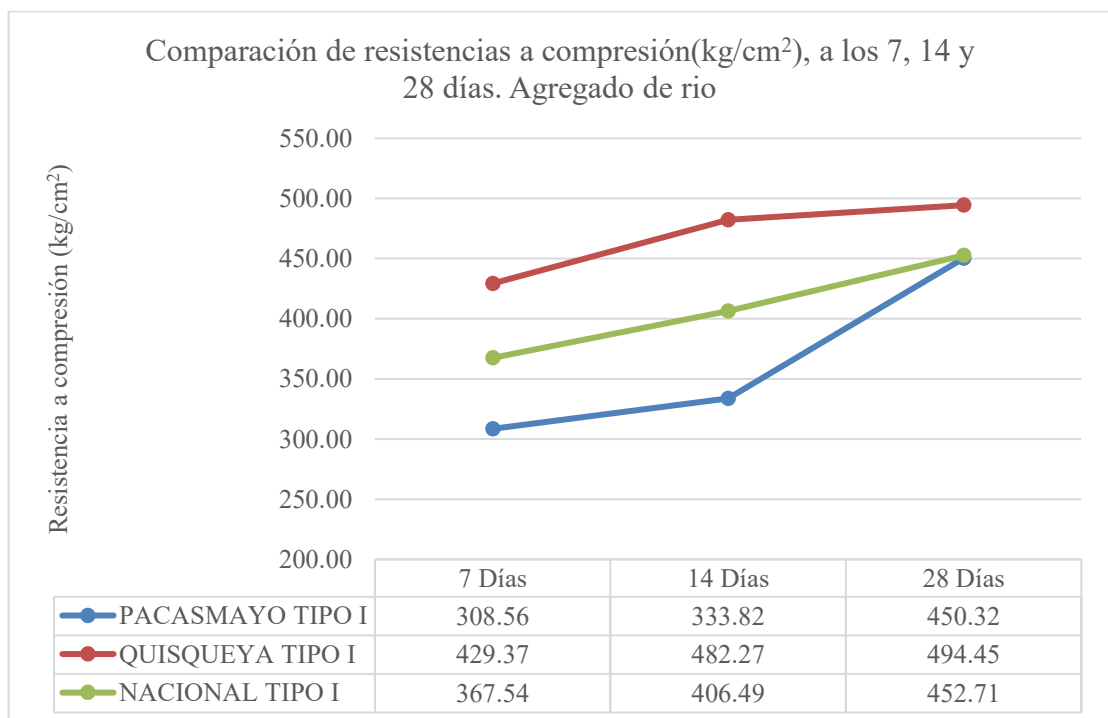


Figura 10: Comparación de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días: Agregado de río.

Tabla 36: *Comparación de concretos elaborados con agregados de cerro y río*

	Comparación de resistencia a la compresión (kg/cm^2)					
	7 días		14 días		28 días	
	Cerro	Río	Cerro	Río	Cerro	Río
Pacasmayo Tipo I	348.52	308.56	337.65	333.82	481.89	450.32
Quisqueya Tipo I	457.57	429.37	471.99	482.27	518.15	494.45
Nacional Tipo I	368.11	367.54	383.70	406.49	492.34	452.71

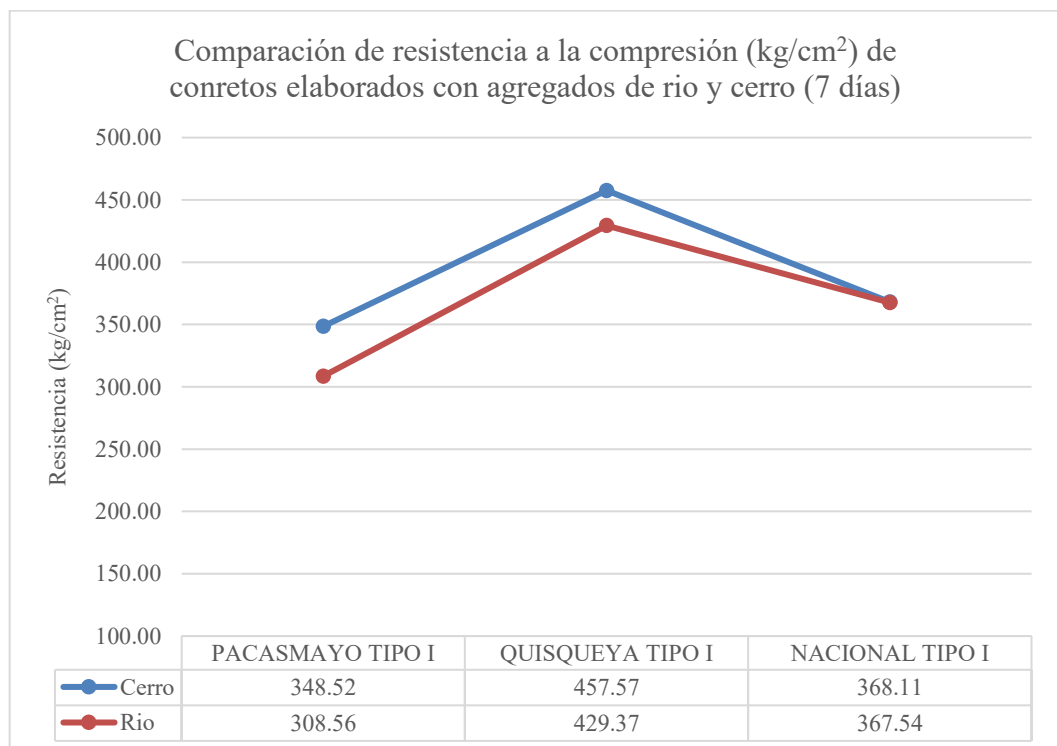


Figura 11: *Comparación de concretos elaborados con agregados de río y cerro (7 días)*

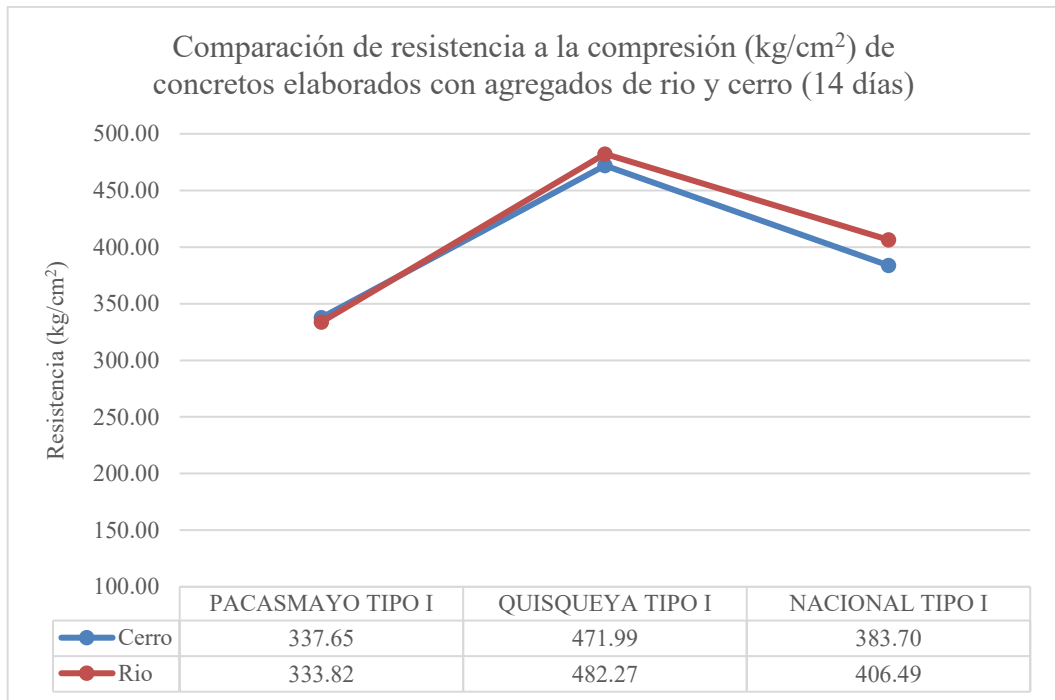


Figura 12: Comparación de concretos elaborados con agregados de río y cerro (14 días)

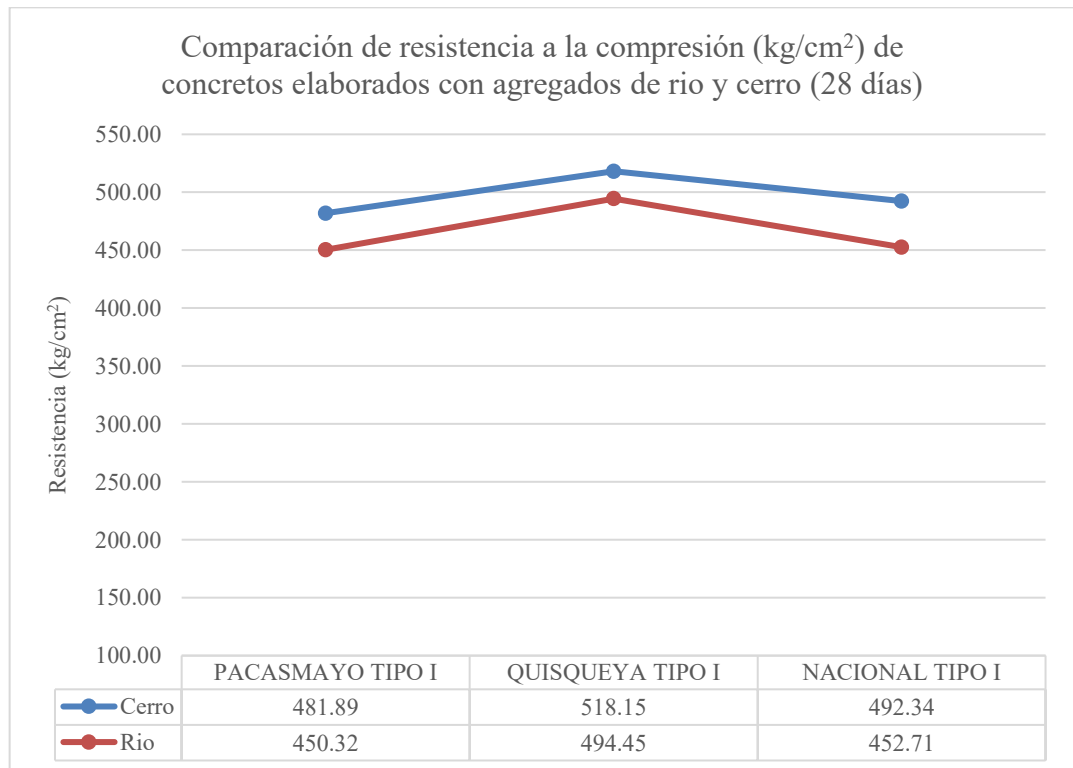


Figura 13: Comparación de concretos elaborados con agregados de río y cerro (28 días)

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Luego de realizar los estudios necesarios para cumplir los objetivos específicos se llegó a los siguientes resultados:

- **Módulo de finura**

Del ensayo de granulometría:

Para el agregado de cerro, el módulo de finura del agregado fino es de 2.67, lo cual cumple con lo recomendado por la Norma Técnica Peruana (NTP-400.012, 2013), la misma que indica que el módulo de finura del agregado fino debe estar entre $2.3 < MF < 3.1$.

Para el agregado de río, el módulo de finura del agregado fino es de 2.88, lo cual cumple con lo recomendado por la Norma Técnica Peruana (NTP-400.012, 2013), la misma que indica que el módulo de finura del agregado fino debe estar entre $2.3 < MF < 3.1$.

En cuando a los agregados, podemos mencionar que, en nuestra ciudad de Cajamarca, ninguna cantera cumple con lo que establecido en el Instituto Americano de Concreto (ACI), en cuando a lo que considera como agregado fino a los agregados que pasan la malla N° 4.

- **Contenido de humedad**

Para el ensayo del contenido de humedad, tanto para el agregado fino como para el agregado grueso se realizó de acuerdo a la (NTP-339.185, 2013), en la que se obtuvo los siguientes resultados: Para los agregados de cerro, el contenido de humedad promedio del agregado fino es de 0.50% y del agregado grueso es

0.08%. y para los agregados de río, el contenido de humedad promedio del agregado fino es de 4.02 % y del agregado grueso es 0.94%.

▪ **Resistencia a la compresión**

En el presente ensayo se siguió los procedimientos de acuerdo a la norma (NTP-339.034, 2008), en la que se obtuvieron los siguientes resultados:

Para los agregados de cerro:

En la Tabla 33 de los resultados se puede observar lo siguiente:

A los 7 días de curado, la resistencia a la compresión promedio de las probetas de los concretos elaborados con cemento Pacasmayo Tipo I es de 348.52 kg/cm^2 , de cemento Quisqueya Tipo I es de 457.57 kg/cm^2 y de cemento Nacional Tipo I es de 368.11 kg/cm^2 , lo que significa que el concreto elaborado con cemento Quisqueya Tipo I adquiere mayor resistencia, con un 23.83% en relación al concreto elaborado con cementos Pacasmayo Tipo I y un 19.55% en relación al concreto elaborado con cemento Nacional Tipo I.

A los 14 días de curado, la resistencia promedio a compresión del concreto elaborado con cemento Pacasmayo Tipo I es de 337.65 kg/cm^2 , del concreto elaborado con cemento Quisqueya Tipo I es de 471.55 kg/cm^2 y del concreto elaborado con cemento Nacional Tipo I es de 383.70 kg/cm^2 , lo que significa que el concreto elaborado con cemento Quisqueya Tipo I adquiere mayor resistencia a la compresión en un 28.46% con relación al concreto elaborado con cemento Pacasmayo Tipo I y en un 18.71% con relación al concreto elaborado con cemento Nacional Tipo I.

La resistencia promedio a compresión a los 28 días de edad de las probetas de concreto elaborados con cemento Pacasmayo Tipo I es de 481.89 kg/cm^2 , del

concreto elaborados con cemento Quisqueya Tipo I es de 518.15 kg/cm^2 y del concreto elaborado con cemento Nacional Tipo I es de 492.34 kg/cm^2 , lo que significa que el concreto elaborado con cemento Quisqueya Tipo I adquiere mayor resistencia a la compresión en un 7.00% con relación al concreto elaborado con cemento Pacasmayo Tipo I y en un 4.98% con relación al concreto elaborado con cemento Nacional Tipo I.

Para los agregados de río:

En la Tabla 34 de los resultados se puede observar lo siguiente:

La resistencia promedio a compresión a los 7 días de edad de las probetas de concreto elaborados con cemento Pacasmayo Tipo I es de 308.56 kg/cm^2 , del concreto elaborado con cemento Quisqueya Tipo I es de 429.37 kg/cm^2 y del concreto elaborado con cemento Nacional Tipo I es de 367.54 kg/cm^2 , lo que significa que el concreto elaborado con cemento Quisqueya Tipo I adquiere mayor resistencia a la compresión en un 28.14% con relación al concreto elaborado con cemento Pacasmayo Tipo I y en un 14.40% con relación al concreto elaborado con cemento Nacional Tipo I.

La resistencia promedio a compresión a los 14 días de edad de las probetas de concreto elaborados con cemento Pacasmayo Tipo I es de 333.82 kg/cm^2 , del concreto elaborado con cemento Quisqueya Tipo I es de 482.27 kg/cm^2 y del concreto elaborado con cemento Nacional Tipo I es de 406.49 kg/cm^2 , lo que significa que el concreto elaborado con cemento Quisqueya Tipo I adquiere mayor resistencia a la compresión en un 30.78% con relación al concreto elaborado con cemento Pacasmayo Tipo I y en un 15.71% con relación al concreto elaborado con cemento Nacional Tipo I.

La resistencia promedio a compresión a los 28 días de edad de las probetas de concreto elaborados con cemento Pacasmayo Tipo I es de 450.32 kg/cm^2 , del concreto elaborado con cemento Quisqueya Tipo I es de 494.45 kg/cm^2 y del concreto elaborado con cemento Nacional Tipo I es de 452.71 , lo que significa que el concreto elaborado con cemento Quisqueya Tipo I adquiere mayor resistencia a la compresión en un 8.92% con relación al concreto elaborado con cemento Pacasmayo Tipo I y en un 8.44% con relación al concreto elaborado con cemento Nacional Tipo I.

De lo descrito anteriormente podemos observar que para ambos agregados el concreto elaborado con cemento Quisqueya adquiere mayor resistencia en los tiempos de 7, 14 y 28 días de curado en relación a los concretos elaborados con cementos Pacasmayo y Nacional. Y en función al tipo de agregado, se puede observar que los concretos elaborados con agregados de cerro adquieren mayor resistencia que los concretos elaborados con agregados de río para los tres tipos de cementos.

Prueba de hipótesis:

En respuesta al problema formulado, se planteó la siguiente hipótesis: “La resistencia a compresión del concreto diseñado a un $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ utilizando cemento Pacasmayo Portland Tipo I con agregado de cantera de río genera mayor resistencia con respecto a los otros cementos y agregados de cantera de río y cerro”.

Siguiendo la metodología planteada y con el desarrollo de los objetivos, se puede observar que desde un principio el concreto elaborado a un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ usando cemento Quisqueya y agregado de cerro, obtuvo una mayor resistencia

respecto a los concretos elaborados con cementos Pacasmayo y Nacional en los agregados de cantera de cerro y rio, este concreto a la edad de 28 días de curado alcanzó una resistencia promedio de 518.15 kg/cm^2 equivalente al 141.19 % de la resistencia de diseño; luego, al usar agregado de río, se obtuvo una resistencia promedio de 494.45 kg/cm^2 equivalente al 134.73% de la resistencia de diseño, siendo este último menor, confirmado que el primer concreto adquirió una mayor resistencia.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis en la que indica que la resistencia a la compresión del concreto diseñado a un $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ utilizando cemento Pacasmayo Portland Tipo I con agregado de cantera de rio genera mayor resistencia con respecto a los otros cementos y agregados de cantera de rio y cerro. Por el contrario, se concluye que el concreto elaborado con cemento Quisqueya y agregado de cerro adquiere mayor resistencia respecto al resto de concretos realizados en esta investigación.

Recomendaciones:

Se tienen las siguientes recomendaciones:

- Para futuras exploraciones en el tema se recomienda realizar pruebas con diferentes $f'c$.
- Se recomienda también el hacer pruebas de durabilidad del concreto elaborado con los cementos Quisqueya, Pacasmayo y Nacional Portland Tipo I.
- Para finalizar, se recomienda probar la resistencia del cemento Quisqueya, Pacasmayo y Nacional Portland Tipo I con otros tipos de agregado locales.

4.2. Conclusiones

Luego de realizar los estudios correspondientes en la presente investigación se llega a las siguientes conclusiones:

- Se realizó los ensayos a los agregados y se determinó sus propiedades, en la que se pudo determinar para los agregados de cerro que su módulo de finura del agregado fino es 2.67 y del agregado grueso 6.67, el contenido de humedad tanto del agregado grueso como del fino son 4.80% y 1.06% respectivamente, la Abrasión es de 62.71%; para los agregados de río, su módulo de finura del agregado fino es 2.88 y del agregado grueso 6.76, el contenido de humedad tanto del agregado grueso como del fino son 4.90% y 1.56% respectivamente, la Abrasión es de 20.46%, finalmente de los resultados obtenidos todos cumplen con la Norma Técnica Peruana, excepto la abrasión para el agregado de cerro.
- Se encontró la resistencia para cada concreto elaborado, a los 28 días de curado, la resistencia a la compresión promedio del concreto elaborado con agregado de cerro son: Para cemento Pacasmayo Portland Tipo I es de 481.89 kg/cm^2 , para cemento Quisqueya Portland Tipo I es de 518.15 kg/cm^2 y para cemento Nacional Portland Tipo I es de 492.34 kg/cm^2 , Por lo tanto, concluimos que el concreto que adquiere mayor resistencia es aquel que ha sido elaborado con cemento Quisqueya Tipo I; Para agregados de río la resistencia promedio a compresión a los 28 días de curado son: Para cemento Pacasmayo Portland Tipo I es de 450.32 kg/cm^2 , para cemento Quisqueya Portland Tipo I es de 494.45 kg/cm^2 y para cemento Nacional Portland Tipo I es de 452.71 kg/cm^2 , Por lo tanto, concluimos que el concreto mayor resistente es aquel que ha sido elaborado con cemento Quisqueya Tipo I.

- Finalmente, concluimos el concreto elaborado con cemento Quisqueya Portland Tipo I adquiere mayor resistencia en los tiempos de 7, 14 y 28 días de curado respecto a los concretos elaborados con cementos Pacasmayo y Nacional tanto para los agregados de cerro y río. Lo que significa que rechazamos la hipótesis planteada en la presente investigación.

REFERENCIAS

- Abanto Castillo, F. (2017). *Tecnología del concreto* (Décima ed.). Lima - Perú: Editorial San Marcos.
- Arauco Vera, S. E. (2010). *Estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido utilizando cemento de la República Dominicana Quisqueya Portland - Tipo I*. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil), Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú
- ASTM-C150. (2007). Especificación normalizada para cemento Portland (Junio 2007 ed.): ASTM International.
- Avalo Castillo, J. (2016). Las normas técnicas de cemento y concreto en el Perú.
- Corrales, H. C., & Arias, K. D. L. O. (2013). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos Tipo I y Tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes*. (Proyecto de Grado), Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias - Colombia.
- Gallo, F. J., & Saavedra, A. J. (2015). *Análisis comparativo del comportamiento de los concretos utilizando cemento blanco "Tolteca" y cemento Gris "Sol"*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil), Universidad San Martín de Porres Lima - Perú
- Laura, S. (2006). Diseño de mezclas de concreto.
- Neville, A. (2013). *Tecnología del concreto* (Primera ed.). Florida - México: Editorial Cámara Nacional de la Industria.
- NTP-334.009. (2016). CEMENTOS. Cemento Portland (Sexta ed.): INACAL.
- NTP-339.034. (2008). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas (Tercera ed.): INDECOPI.

- NTP-339.035. (2009). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland (Tercera ed.): INDECOPI.
- NTP-339.047. (2006). Concreto: Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados (Segunda ed.): INDECOPI.
- NTP-339.088. (2006). HORMIGON (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. (Segunda ed.): INDECOPI.
- NTP-339.183. (2003). CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio (Primera ed.): INDECOPI.
- NTP-339.185. (2013). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (Segunda ed.): INDECOPI.
- NTP-400.012. (2013). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (Tercera ed.): INDECOPI.
- NTP-400.017. (2011). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados (Tercera ed.): INDECOPI.
- NTP-400.021. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso (Segunda ed.): INDECOPI.
- NTP-400.022. (2013). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino (Segunda ed.): INDECOPI.
- Rivva López, E. (2015). *Tecnología del concreto: Diseño de mezclas* (Tercera ed.). Lima - Perú: Imprenta Williams.
- SENCICO. (2009). Norma técnica E.060. Concreto Armado.

Torre, A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto* (Primera ed.). Lima - Perú:
Editorial UNI.

Torre, J. O., & SENCICO. (2014). *Manual de preparación, colocación y cuidados del
concreto* (Primera ed.). Lima - Perú: Cartolan Editores SRL.

Torres Rios, K. J. (2015). *Evaluación de la influencia en la resistencia del concreto $f'c =$
 140 kg/cm^2 , $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando agregado de río o agregado
de cerro en Cajamarca.* (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil), Universidad
Privada del Norte, Cajamarca - Perú

ANEXOS

ANEXO N° 1. Ensayo de los agregados

ANEXO N° 2. Fichas técnicas de los cementos



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
Versión 03

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.92	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3750	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.10	NO ESPECÍFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	26.1 (266)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	33.9 (346)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	42.3 (431)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	267	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.
(*) Requisito opcional.



Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.



FICHA TÉCNICA

CEMENTO NACIONAL

Cemento Portland Tipo I
TIPO I - ALTA RESISTENCIA EN MENOR TIEMPO

CEMENTO NACIONAL Tipo I según norma (NTP 334.009 / ASTM C-150)
Es un cemento que se emplea en todo tipo de estructuras y construcciones de comportamiento normal en fraguados y resistencias, que no presenten requerimientos especiales.

COMPONENTES

Descripción del Producto	Molienda Conjunta de Clinker + Yeso
Componentes Riesgosos	No posee
La selección de las materias primas que se emplean en la molienda de este cemento se realizan bajo un estricto control de calidad, lo que garantiza un producto Final de óptima calidad.	

USOS Y APLICACIONES

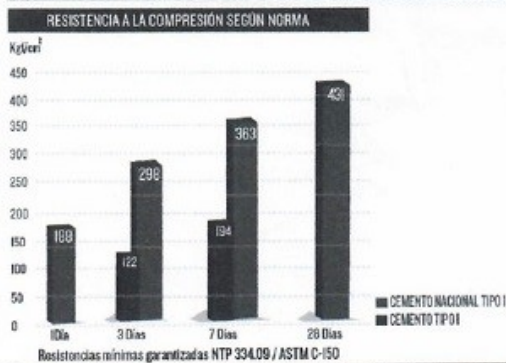
Obras de construcción en general.
Preparación de hormigones o concreto aligerado.
Morteros para asentar ladrillos, tarrajear y otros materiales densos o normales.
Elaboración de materiales pre-fabricados y ladrillos de alta resistencia.
Cuando no se especifique un tipo de cemento especial.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DESCRIPCIÓN	CEMENTO NACIONAL TIPO - I	CEMENTO T - I NTP 334.009 ASTM C-150
Contenido de aire, Max %	9	12
Superficie específica (cm ² /g), Min.	3900	2600
Densidad (gr/ml)	3.09	NE
Expansión en autoclave, Max %	0.13	0.8
Resistencia a la compresión Kg/cm ²		
1 Día	188	NE
3 Días	298	122 Min
7 Días	363	194 Min
28 Días	431	NE
Tiempo de Fraguado Vicat, Minutos		
Inicial	141	45 Min
Final	300	375 Max
Calor de hidratación, Kcal/Kg (7 días)	78	NE
Expansión a los sulfatos, % (14 días)	0.039	NE

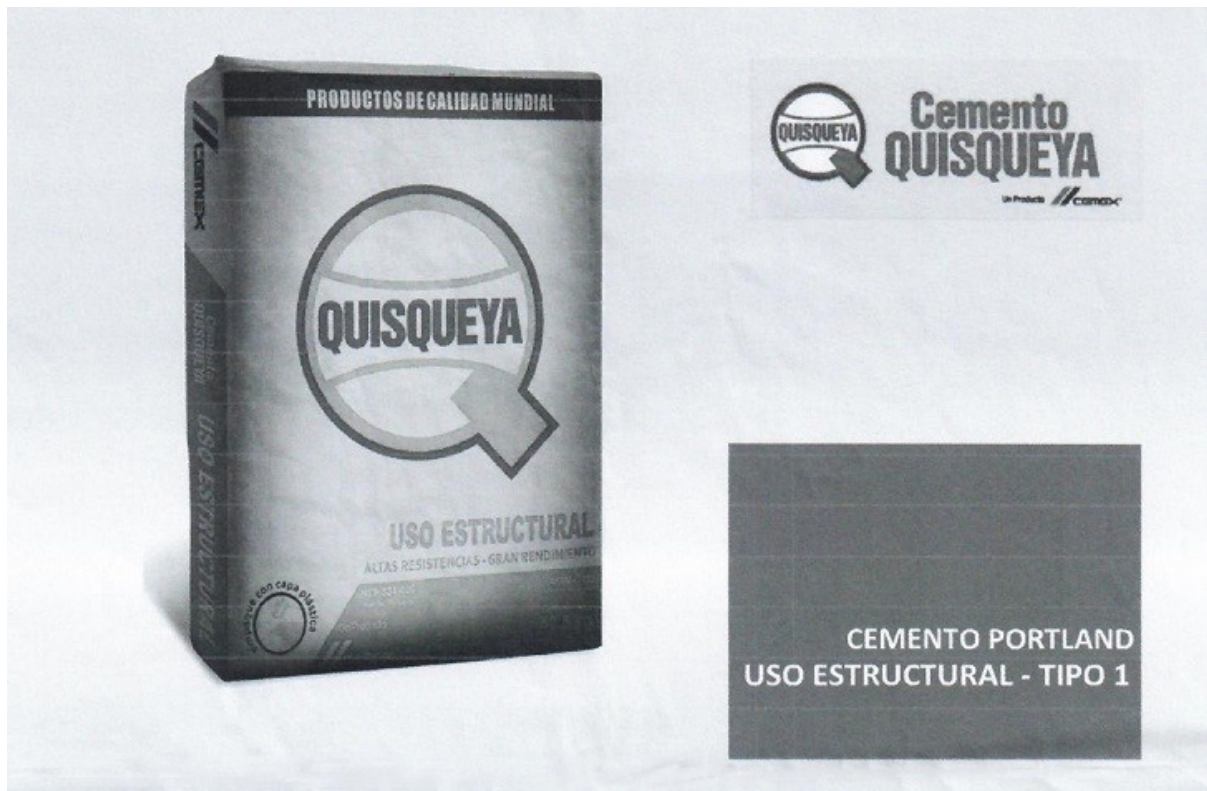
El Cemento Nacional Tipo I garantiza un buen desarrollo de resistencias a edades iniciales y finales, de acuerdo a la información mencionada.

CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIAS



Planta: Panamericana Sur Villa El Salvador Km 17.5
Tlf: 616 - 9700

CEMENTO NACIONAL TIPO I
ALTA RESISTENCIA EN MENOR TIEMPO



Beneficios

- Altas resistencias iniciales.
- Aumenta la velocidad de ejecución de la obra.
- Adecuado cuando se requiera desencofrado rápido.

INFORMACIÓN TÉCNICA

Resistencias a compresión (Kg/cm²)

1 día	130 - 170	NA
3 días	235 - 285	Mínimo 80
7 días	290 - 330	Mínimo 150
28 días	380 - 430	Mínimo 240

Requisitos

NTA ASTM-C-150

Análisis físicos	Rango resultados	NTP-334.009
Superficie específica Blaine (cm ² /g)		
Tiempos de fraguado Vicat (minutos)	3500 - 4500	Mínimo 2800
Inicial	100 - 150	Mínimo 45 Máximo 480
Final	200 - 250	
Expansión en autoclave (%)	0,01 - 0,10	Máximo 0,80
Densidad (kg/m ³)	3110	

Requisitos Norma

NTC 321

Análisis químicos

% SO³ 2,5 - 3,5 Máximo 3,5 % MgO 1,0 - 3,0 Máximo 7,0

Cumple las normas NTC 121 y 321 para Cemento Portland Tipo I.

Producto elaborado bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 por ICONTEC.

ANEXO N° 3. Diseños de mezclas

3.1. Agregado de cerro y cemento Pacasmayo

a) Materiales.

- Cemento

Portland ASTM TIPO I "Pacasmayo"

Peso específico: 3.10 gr/cm^3

- Agua

Red de la universidad

- Agregado fino

Peso específico de masa 2.59 gr/cm^3

Absorción 2.00%

Contenido de humedad 4.80%

Módulo de fineza 2.67

- Agregado grueso

Perfil Angular

Tamaño máximo nominal 3/4"

Peso seco compactado 1545 kg/m^3

Peso específico de masa 2.58 gr/cm^3

Absorción 0.81%

Contenido de humedad 1.06%

Módulo de fineza 6.67

b) Determinación de la resistencia promedio

De la Tabla 14, "Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra".

Para un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Conversión: $1 \text{ Mpa} = 10.19716 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla 37: Resistencia promedio a la compresión requerida

Resistencia especificada a la compresión, Mpa	Resistencia promedio requerida a la compresión, Mpa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7.0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8.5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1.1f'c + 5.0$

Fuente Norma E.060

Seleccionamos el mayor de los 2 valores: $f'cr = 367 \text{ kg/cm}^2$

c) Selección de tamaño máximo nominal del agregado

De acuerdo a las especificaciones de obra, el agregado grueso tiene perfil angular y un tamaño máximo nominal de: 3/4".

d) Selección del asentamiento

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones de colocación requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

e) Volumen unitario de agua

El volumen unitario de agua, o agua de diseño lo seleccionamos de la Tabla 9 en la que se determina que para un agregado grueso de tamaño Máximo Nominal de 3/4", en una mezcla de consistencia

plástica y con aire incorporado corresponde un volumen unitario de:
205 lt/m^3

f) Selección del contenido del aire

Como se trata de un concreto sin aire incorporado, de la Tabla 15, se determina que el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 3/4" es de: 2.00%

Tabla 38: *Contenido de aire atrapado*

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Comité 211 del ACI

g) Relación agua - cemento

En la Tabla 16 para una resistencia promedio de: 367 kg/cm^2 , f'_{cr} Concreto sin aire incorporado.

Tabla 39: *Relación agua – cemento por resistencia*

f'_c (28 días)	Relación agua cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46

350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

Fuente: Comité 211 del ACI

Se interpola para calcular el valor de la resistencia requerida

350	0.48
367	X
400	0.43
$X = 0.46332 \diamond 442.45$	

h) Factor cemento

El factor cemento de la mezcla será:

$$\text{Factor cemento} = 442.45 \text{ kg/m}^3$$

Este factor se divide entre el peso de una bolsa (42.5)

$$\text{Se tiene como resultado} = 10.41 \text{ bolsas/m}^3$$

i) Cálculo del volumen de la pasta

La suma de los volúmenes absolutos de los elementos integrantes de la PASTA será:

Volúmenes absolutos de:

*Cemento	0.143 m^3	
*Agua	0.205 m^3	0.08
*Aire	0.020 m^3	5.2436

$$\text{Volumen absoluto de la pasta} = 0.368 \text{ m}^3$$

j) Volumen absoluto del agregado

El volumen absoluto del agregado es igual a la unidad menos el volumen absoluto de la pasta: Volumen absoluto del agregado = 0.632 m^3

k) Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados

El contenido de cemento es de: 10.41 bl/m^3

El tamaño máximo nominal del agregado de: $3/4''$

Se encuentra un valor del módulo de fineza de la combinación de agregado = 5.30 (interpolando).

l) Cálculo del valor de r_r

Conocido el valor del módulo de fineza de la combinación de agregado se puede determinar el % de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado. Para ello aplicamos la siguiente ecuación:

$$r_r = (m_g - m) / (m_g - m_r)$$

$$r_r = 34.18\%$$

m) Cálculo de los volúmenes absolutos del agregado

Volumen absoluto del agregado fino: 0.216 m^3

Volumen absoluto del agregado grueso: 0.416 m^3

n) Pesos secos de los agregados

Peso seco del:

$$\text{Agregado fino} = 559.36 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 1075.67 \text{ kg/m}^3$$

o) Valores de diseño

Las cantidades de materiales calculadas por el método de módulo de fineza de la combinación de agregados como valores de diseño serán:

$$\text{Cemento} \quad 442.45 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} \quad 205.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino seco} \quad 559.36 \text{ kg/m}^3$$

Agregado grueso seco 1075.67 kg/m^3

p) Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

Agregado fino 586.21 kg/m^3

Agregado grueso 1087.07 kg/m^3

A continuación, se determina la humedad superficial del agregado.

Del agregado fino = humedad – absorción = 2.80%

Del agregado grueso = humedad – absorción = 0.25%

Y los aportes de humedad de los agregados serán:

Del agregado fino = 15.67 lt/m^3

Del agregado grueso = 2.69 lt/m^3

Aporte de humedad

Del agregado = 18.36 lt/m^3

Agua efectiva = 186.636 lt/m^3

Y los pesos de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las muestras de prueba serán:

Cemento 442.5 kg/m^3

Agua efectiva 182.636 kg/m^3

Agregado fino efectivo 586.21 kg/m^3

Agregado grueso efectivo 1087.07 kg/m^3

Total 2302.4 kg/m^3

q) Proporción en peso.

La proporción en peso de los materiales sin corregir serán:

1 : 1.26 : 2.43 / 19.69 lts/bolsa

La proporción en peso de los materiales corregidos serán:

1 : 1.32 : 2.46 / 17.93 lts/bolsa

r) Peso por tanda de un saco

Relación agua - cemento de diseño es: 0.46

Relación agua - cemento efectivo: 0.42

Y las cantidades de materiales por tanda de un saco serán:

Cemento	1x42.5	42.50 kg/bl
Agua efectiva		17.93 lt/bl
AF húmedo	fx42.5	56.31 kg/bl
AG húmedo	fx42.5	104.42 kg/bl

s) Volumen de probeta cilíndrica

Diámetro 15 cm

Altura 30 cm

Volumen 0.005301 m³

Para preparar 1 probeta de necesita: 12.21 kg

Se agrega un 10% de concreto: 13.95 kg

Tabla 40: *Proporciones de materiales por probeta: Agregado de cerro y Pacasmayo*

Materiales	1 probeta	3 probetas
Cemento	2.68 kg	8.04 kg
Agua efectiva	1.13 l	3.39 l
Agregado fino efectivo	3.55 kg	10.66 kg
Agregado grueso efectivo	6.59 kg	19.76 kg
Total	13.95 kg	41.85 kg

3.2. Agregado de cerro y cemento Quisqueya

a) Materiales.

▪ Cemento

Portland ASTM TIPO I "Quisqueya"

Peso específico: 3.11 gr/cm^3

▪ Agua

Agua de la red de la universidad

▪ Agregado fino

Peso específico de masa 2.59 gr/cm^3

Absorción 2.00%

Contenido de humedad 4.80%

Módulo de fineza 2.67

▪ Agregado grueso

Perfil Angular

Tamaño máximo nominal 3/4"

Peso seco compactado 1545 kg/m^3

Peso específico de masa 2.58 gr/cm^3

Absorción 0.81%

Contenido de humedad 1.06%

Módulo de fineza 6.67

b) Determinación de la resistencia promedio

De la Tabla 14, "Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra".

Para un $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Conversión: $1 \text{ Mpa} = 10.19716 \text{ kgf/cm}^2$

Seleccionamos el mayor de los 2 valores: $f'_{cr} = 367 \text{ kg/cm}^2$

c) Selección de tamaño máximo nominal del agregado

De acuerdo a las especificaciones de obra, el agregado grueso tiene perfil angular y un tamaño máximo nominal de: 3/4"

d) Selección del asentamiento

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones de colocación requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

e) Volumen unitario de agua

El volumen unitario de agua, o agua de diseño lo seleccionamos de la Tabla 9 en la que se determina que para un agregado grueso de tamaño Máximo Nominal de 3/4", en una mezcla de consistencia plástica y con aire incorporado corresponde un volumen unitario de: 205 lt/m^3

f) Selección del contenido del aire

Como se trata de un concreto sin aire incorporado, de la Tabla 15, se determina que el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 3/4" es de: 2.00%

g) Relación agua - cemento

No presentándose en este caso ningún tipo de acción externa que pudiera dañar el concreto se seleccionará la relación agua - cemento únicamente por resistencia.

En la Tabla 16 para una resistencia promedio de: 367 kg/cm^2 ,
 f'_{cr} Concreto sin aire incorporado.

Se interpola para calcular el valor de la resistencia requerida

350	0.48
-----	------

367	X
-----	---

400	0.43
-----	------

$$X = 0.46332 \text{ } \langle \rangle \text{ } 442.45$$

h) Factor cemento

El factor cemento de la mezcla será:

$$\text{Factor cemento} = 442.45 \text{ kg/m}^3$$

Este factor se divide entre el peso de una bolsa (42.5)

$$\text{Se tiene como resultado} = 10.41 \text{ bolsas/m}^3$$

i) Cálculo del Volumen de la Pasta

La suma de los volúmenes absolutos de los elementos
integrantes de la PASTA será:

Volúmenes absolutos de:

*Cemento	0.142	m^3
----------	-------	--------------

*Agua	0.205	m^3	0.08
-------	-------	--------------	------

*Aire	0.020	m^3	5.2436
-------	-------	--------------	--------

$$\text{Volumen absoluto de la pasta} = 0.367 \text{ m}^3$$

j) Volumen absoluto del agregado

El volumen absoluto del agregado es igual a la unidad menos el
volumen absoluto de la pasta:

$$\text{Volumen absoluto del agregado} = 0.633 \text{ m}^3$$

k) Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados

El contenido de cemento es de: 10.41 bl/m^3

El tamaño máximo nominal del agregado de: $3/4''$

Se encuentra un valor del módulo de fineza de la combinación de agregado = 5.30 (interpolando).

l) Cálculo del valor de r_r

Conocido el valor del módulo de fineza de la combinación de agregado se puede determinar el % de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado. Para ello aplicamos la siguiente ecuación:

$$r_r = (m_g - m) / (m_g - m_r)$$

$$r_r = 34.18\%$$

m) Cálculo de los volúmenes absolutos del agregado

Volumen absoluto del agregado fino: 0.216 m^3

Volumen absoluto del agregado grueso: 0.416 m^3

n) Pesos secos de los agregados

Peso seco del:

$$\text{Agregado fino} = 559.36 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 1076.45 \text{ kg/m}^3$$

o) Valores de diseño

Las cantidades de materiales calculadas por el método de módulo de fineza de la combinación de agregados como valores de diseño serán:

$$\text{Cemento} \quad 442.45 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} \quad 205.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino seco} \quad 559.76 \text{ kg/m}^3$$

Agregado grueso seco 1076.45 kg/m^3

p) Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

Agregado fino 586.63 kg/m^3

Agregado grueso 1087.86 kg/m^3

A continuación, se determina la humedad superficial del agregado.

Del agregado fino = humedad – absorción = 2.80%

Del agregado grueso = humedad – absorción = 0.25%

Y los aportes de humedad de los agregados serán:

Del agregado fino = 15.68 lt/m^3

Del agregado grueso = 2.69 lt/m^3

Aporte de humedad

Del agregado = 18.38 lt/m^3

Agua efectiva = 186.623 lt/m^3

Y los pesos de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las muestras de prueba serán:

Cemento 442.5 kg/m^3

Agua efectiva 186.623 kg/m^3

Agregado fino efectivo 586.63 kg/m^3

Agregado grueso efectivo 1087.86 kg/m^3

Total 2303.6 kg/m^3

q) Proporción en peso.

La proporción en peso de los materiales sin corregir serán:

1 : 1.27 : 2.43 / 19.69 lts/bolsa

La proporción en peso de los materiales corregidos serán:

1 : 1.33 : 2.46 / 17.93 lts/bolsa

r) Peso por tanda de un saco

Relación agua - cemento de diseño es: 0.46

Relación agua - cemento efectivo: 0.42

Y las cantidades de materiales por tanda de un saco serán:

Cemento	1x42.5	42.50 kg/bl
Agua efectiva		17.93 lt/bl
AF húmedo	fx42.5	56.35 kg/bl
AG húmedo	fx42.5	104.49 kg/bl

s) Volumen de probeta cilíndrica

Diámetro 15 cm

Altura 30 cm

Volumen 0.005301 m³

Para preparar 1 probeta de necesita: 12.21 kg

Se agrega un 10% de concreto: 13.95 kg

Tabla 41: *Proporciones de materiales por probeta: Agregado de cerro y Quisqueya*

Materiales	1 probeta	3 probetas
Cemento	2.68 kg	8.04 kg
Agua efectiva	1.13 l	3.39 l
Agregado fino efectivo	3.55 kg	10.66 kg
Agregado grueso efectivo	6.59 kg	19.76 kg
Total	13.95 kg	41.85 kg

3.3. Agregado de cerro y cemento Nacional

a) Materiales.

▪ Cemento

Portland ASTM TIPO I "Nacional"

Peso específico: 3.09 gr/cm^3

▪ Agua

Agua de la red de la universidad

▪ Agregado fino

Peso específico de masa 2.59 gr/cm^3

Absorción 2.00%

Contenido de humedad 4.80%

Módulo de fineza 2.67

▪ Agregado grueso

Perfil Angular

Tamaño máximo nominal 3/4"

Peso seco compactado 1545 kg/m^3

Peso específico de masa 2.58 gr/cm^3

Absorción 0.81%

Contenido de humedad 1.06%

Módulo de fineza 6.67

b) Determinación de la resistencia promedio

De la Tabla 14, "Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra".

Para un $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Conversión: $1 \text{ Mpa} = 10.19716 \text{ kgf/cm}^2$

Seleccionamos el mayor de los 2 valores: $f'_{cr} = 367 \text{ kg/cm}^2$

c) Selección de tamaño máximo nominal del agregado

De acuerdo a las especificaciones de obra, el agregado grueso tiene perfil angular y un tamaño máximo nominal de: $3/4''$

d) Selección del asentamiento

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones de colocación requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de $3''$ a $4''$.

e) Volumen unitario de agua

El volumen unitario de agua, o agua de diseño lo seleccionamos de la Tabla 9 en la que se determina que para un agregado grueso de tamaño Máximo Nominal de $3/4''$, en una mezcla de consistencia plástica y con aire incorporado corresponde un volumen unitario de: 205 lt/m^3

f) Selección del contenido del aire

Como se trata de un concreto sin aire incorporado, de la Tabla 15, se determina que el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de tamaño máximo nominal de $3/4''$ es de: 2.00%

g) Relación agua - cemento

No presentándose en este caso ningún tipo de acción externa que pudiera dañar el concreto se seleccionará la relación agua - cemento únicamente por resistencia.

En la Tabla 16 para una resistencia promedio de: 367 kg/cm^2 ,
 $f'cr$ Concreto sin aire incorporado.

Se interpola para calcular el valor de la resistencia requerida

350 0.48

367 X

400 0.43

$$X = 0.46332 \text{ } \langle \rangle \text{ } 442.45$$

h) Factor cemento

El factor cemento de la mezcla será:

$$\text{Factor cemento} = 442.45 \text{ kg/m}^3$$

Este factor se divide entre el peso de una bolsa (42.5)

$$\text{Se tiene como resultado} = 10.41 \text{ bolsas/m}^3$$

i) Cálculo del Volumen de la Pasta

La suma de los volúmenes absolutos de los elementos
integrantes de la PASTA será:

Volúmenes absolutos de:

*Cemento 0.143 m^3

*Agua 0.205 m^3 0.08

*Aire 0.020 m^3 5.2436

$$\text{Volumen absoluto de la pasta} = 0.368 \text{ m}^3$$

j) Volumen absoluto del agregado

El volumen absoluto del agregado es igual a la unidad menos el
volumen absoluto de la pasta: Volumen absoluto del agregado = 0.632
 m^3

k) Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados

El contenido de cemento es de: 10.41 bl/m^3

El tamaño máximo nominal del agregado de: $3/4''$

Se encuentra un valor del módulo de fineza de la combinación de agregado = 5.30 (De Tabla 15 e interpolando).

l) Cálculo del valor de r_r

Conocido el valor del módulo de fineza de la combinación de agregado se puede determinar el % de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado. Para ello aplicamos la siguiente ecuación:

$$r_r = (m_g - m) / (m_g - m_r)$$

$$r_r = 34.18\%$$

m) Cálculo de los volúmenes absolutos del agregado

Volumen absoluto del agregado fino: 0.216 m^3

Volumen absoluto del agregado grueso: 0.416 m^3

n) Pesos secos de los agregados

Peso seco del:

$$\text{Agregado fino} = 558.95 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 1074.88 \text{ kg/m}^3$$

o) Valores de diseño

Las cantidades de materiales calculadas por el método de módulo de fineza de la combinación de agregados como valores de diseño serán:

$$\text{Cemento} \quad 442.45 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} \quad 205.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino seco} \quad 558.95 \text{ kg/m}^3$$

Agregado grueso seco 1074.88 kg/m^3

p) Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

Agregado fino 585.78 kg/m^3

Agregado grueso 1086.27 kg/m^3

A continuación, se determina la humedad superficial del agregado.

Del agregado fino = humedad – absorción = 2.80%

Del agregado grueso = humedad – absorción = 0.25%

Y los aportes de humedad de los agregados serán:

Del agregado fino = 15.66 lt/m^3

Del agregado grueso = 2.69 lt/m^3

Aporte de humedad

Del agregado = 18.35 lt/m^3

Agua efectiva = 186.650 lt/m^3

Y los pesos de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las muestras de prueba serán:

Cemento 442.5 kg/m^3

Agua efectiva 186.650 kg/m^3

Agregado fino efectivo 585.78 kg/m^3

Agregado grueso efectivo 1086.27 kg/m^3

Total 2301.2 kg/m^3

q) Proporción en peso.

La proporción en peso de los materiales sin corregir serán:

1 : 1.26 : 2.43 / 19.69 lts/bolsa

La proporción en peso de los materiales corregidos serán:

1 : 1.32 : 2.46 / 17.93 lts/bolsa

r) Peso por tanda de un saco

Relación agua - cemento de diseño es: 0.46

Relación agua - cemento efectivo: 0.42

Y las cantidades de materiales por tanda de un saco serán:

Cemento	1x42.5	42.50 kg/bl
Agua efectiva		17.93 lt/bl
AF húmedo	fx42.5	56.27 kg/bl
AG húmedo	fx42.5	104.34 kg/bl

s) Volumen de probeta cilíndrica

Diámetro 15 cm

Altura 30 cm

Volumen 0.005301 m³

Para preparar 1 probeta de necesita: 12.21 kg

Se agrega un 10% de concreto: 13.95 kg

Tabla 42: *Proporciones de materiales por probeta: Agregado de cerro y Nacional*

Materiales	1 probeta	3 probetas
Cemento	2.68 kg	8.05 kg
Agua efectiva	1.13 l	3.39 l
Agregado fino efectivo	3.55 kg	10.65 kg
Agregado grueso efectivo	6.59 kg	19.76 kg
Total	13.95 kg	41.85 kg

3.4. Agregado de río y cemento Pacasmayo

a) Materiales.

▪ Cemento

Portland ASTM TIPO I "Pacasmayo"

Peso específico: 3.10 gr/cm^3

▪ Agua

Red de la universidad

▪ Agregado fino

Peso específico de masa 2.57 gr/cm^3

Absorción 2.04%

Contenido de humedad 4.90%

Módulo de fineza 2.88

▪ Agregado grueso

Perfil Angular

Tamaño máximo nominal 3/4"

Peso seco compactado 1467 kg/m^3

Peso específico de masa 2.14 gr/cm^3

Absorción 3.37%

Contenido de humedad 1.56%

Módulo de fineza 6.76

b) Determinación de la resistencia promedio

De la Tabla 14, "Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra".

Para un $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Conversión: $1 \text{ Mpa} = 10.19716 \text{ kgf/cm}^2$

Seleccionamos el mayor de los 2 valores: $f'_{cr} = 367 \text{ kg/cm}^2$

c) Selección de tamaño máximo nominal del agregado

De acuerdo a las especificaciones de obra, el agregado grueso tiene perfil angular y un tamaño máximo nominal de: 3/4"

d) Selección del asentamiento

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones de colocación requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

e) Volumen unitario de agua

El volumen unitario de agua, o agua de diseño lo seleccionamos de la Tabla 9 en la que se determina que para un agregado grueso de tamaño Máximo Nominal de 3/4", en una mezcla de consistencia plástica y con aire incorporado corresponde un volumen unitario de: 205 lt/m^3

f) Selección del contenido del aire

Como se trata de un concreto sin aire incorporado, de la Tabla 15, se determina que el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 3/4" es de: 2.00%

g) Relación agua - cemento

No presentándose en este caso ningún tipo de acción externa que pudiera dañar el concreto se seleccionará la relación agua - cemento únicamente por resistencia.

En la Tabla 16 para una resistencia promedio de: 367 kg/cm^2 ,
 f'_{cr} Concreto sin aire incorporado.

Se interpola para calcular el valor de la resistencia requerida

350 0.48

367 **X**

400 0.43

$$X = 0.46332 \text{ } \langle \rangle \text{ } 442.45$$

h) Factor cemento

El factor cemento de la mezcla será:

$$\text{Factor cemento} = 442.45 \text{ kg/m}^3$$

Este factor se divide entre el peso de una bolsa (42.5)

$$\text{Se tiene como resultado} = 10.41 \text{ bolsas/m}^3$$

i) Cálculo del Volumen de la Pasta

La suma de los volúmenes absolutos de los elementos
integrantes de la PASTA será:

Volúmenes absolutos de:

*Cemento 0.143 m^3

*Agua 0.205 m^3 0.08

*Aire 0.020 m^3 5.2436

$$\text{Volumen absoluto de la pasta} = 0.368 \text{ m}^3$$

j) Volumen absoluto del agregado

El volumen absoluto del agregado es igual a la unidad menos el
volumen absoluto de la pasta:

$$\text{Volumen absoluto del agregado} = 0.632 \text{ m}^3$$

k) Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados

El contenido de cemento es de: 10.41 bl/m^3

El tamaño máximo nominal del agregado de: $3/4''$

Se encuentra un valor del módulo de fineza de la combinación de agregado = 5.30 (De Tabla 15 e interpolando).

l) Cálculo del valor de r_r

Conocido el valor del módulo de fineza de la combinación de agregado se puede determinar el % de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado. Para ello aplicamos la siguiente ecuación:

$$r_r = (m_g - m) / (m_g - m_r)$$

$$r_r = 37.54\%$$

m) Cálculo de los volúmenes absolutos del agregado

Volumen absoluto del agregado fino: 0.237 m^3

Volumen absoluto del agregado grueso: 0.395 m^3

n) Pesos secos de los agregados

Peso seco del:

$$\text{Agregado fino} = 610.57 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 843.94 \text{ kg/m}^3$$

o) Valores de diseño

Las cantidades de materiales calculadas por el método de módulo de fineza de la combinación de agregados como valores de diseño serán:

$$\text{Cemento} \quad 442.45 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} \quad 205.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino seco} \quad 610.47 \text{ kg/m}^3$$

Agregado grueso seco 843.94 kg/m^3

p) Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

Agregado fino 640.38 kg/m^3

Agregado grueso 857.09 kg/m^3

A continuación, se determina la humedad superficial del agregado.

Del agregado fino = humedad – absorción = 2.86%

Del agregado grueso = humedad – absorción = -1.82%

Y los aportes de humedad de los agregados serán:

Del agregado fino = 17.47 lt/m^3

Del agregado grueso = -15.33 lt/m^3

Aporte de humedad

Del agregado = 2.14 lt/m^3

Agua efectiva = 202.857 lt/m^3

Y los pesos de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las muestras de prueba serán:

Cemento 442.5 kg/m^3

Agua efectiva 202.857 kg/m^3

Agregado fino efectivo 640.38 kg/m^3

Agregado grueso efectivo 857.09 kg/m^3

Total 2142.8 kg/m^3

q) Proporción en peso.

La proporción en peso de los materiales sin corregir serán:

1 : 1.38 : 1.91 / 19.69 lts/bolsa

La proporción en peso de los materiales corregidos serán:

1 : 1.45 : 1.94 / 19.49 lts/bolsa

r) Peso por tanda de un saco

Relación agua - cemento de diseño es: 0.46

Relación agua - cemento efectivo: 0.46

Y las cantidades de materiales por tanda de un saco serán:

Cemento	1x42.5	42.50 kg/bl
Agua efectiva		19.49 lt/bl
AF húmedo	fx42.5	61.51 kg/bl
AG húmedo	fx42.5	82.33 kg/bl

s) Volumen de probeta cilíndrica

Diámetro 15 cm

Altura 30 cm

Volumen 0.005301 m³

Para preparar 1 probeta de necesita: 12.21 kg

Se agrega un 10% de concreto: 13.95 kg

Tabla 43: *Proporciones de materiales por probeta: Agregado de río y Pacasmayo*

Materiales	1 probeta	3 probetas
Cemento	2.88 kg	8.64 kg
Agua efectiva	1.32 l	3.96 l
Agregado fino efectivo	4.17 kg	12.51 kg
Agregado grueso efectivo	5.58 kg	16.74 kg
Total	13.95 kg	41.85 kg

3.5. Agregado de río y cemento Quisqueya

a) Materiales.

▪ Cemento

Portland ASTM TIPO I "Quisqueya"

Peso específico: 3.11 gr/cm^3

▪ Agua

Agua de la red de la universidad

▪ Agregado fino

Peso específico de masa 2.57 gr/cm^3

Absorción 2.04%

Contenido de humedad 4.90%

Módulo de fineza 2.88

▪ Agregado grueso

Perfil Angular

Tamaño máximo nominal 3/4"

Peso seco compactado 1467 kg/m^3

Peso específico de masa 2.14 gr/cm^3

Absorción 3.37%

Contenido de humedad 1.56%

Módulo de fineza 6.76

b) Determinación de la resistencia promedio

De la Tabla 14, "Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra".

Para un $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Conversión: $1 \text{ Mpa} = 10.19716 \text{ kgf/cm}^2$

Seleccionamos el mayor de los 2 valores: $f'_{cr} = 367 \text{ kg/cm}^2$

c) Selección de tamaño máximo nominal del agregado

De acuerdo a las especificaciones de obra, el agregado grueso tiene perfil angular y un tamaño máximo nominal de: $3/4''$

d) Selección del asentamiento

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones de colocación requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de $3''$ a $4''$.

e) Volumen unitario de agua

El volumen unitario de agua, o agua de diseño lo seleccionamos de la Tabla 14 en la que se determina que para un agregado grueso de tamaño Máximo Nominal de $3/4''$, en una mezcla de consistencia plástica y con aire incorporado corresponde un volumen unitario de: 205 lt/m^3

f) Selección del contenido del aire

Como se trata de un concreto sin aire incorporado, de la Tabla 15, se determina que el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de tamaño máximo nominal de $3/4''$ es de: 2.00%

g) Relación agua - cemento

No presentándose en este caso ningún tipo de acción externa que pudiera dañar el concreto se seleccionará la relación agua - cemento únicamente por resistencia.

En la Tabla 16 para una resistencia promedio de: 367 kg/cm^2 ,
 f'_{cr} Concreto sin aire incorporado.

Se interpola para calcular el valor de la resistencia requerida

350 0.48

367 X

400 0.43

$$X = 0.46332 < \triangleright 442.45$$

h) Factor cemento

El factor cemento de la mezcla será:

$$\text{Factor cemento} = 442.45 \text{ kg/m}^3$$

Este factor se divide entre el peso de una bolsa (42.5)

$$\text{Se tiene como resultado} = 10.41 \text{ bolsas/m}^3$$

i) Cálculo del volumen de la pasta

La suma de los volúmenes absolutos de los elementos
integrantes de la PASTA será:

Volúmenes absolutos de:

*Cemento 0.143 m^3

*Agua 0.205 m^3 0.08

*Aire 0.020 m^3 5.2436

$$\text{Volumen absoluto de la pasta} = 0.368 \text{ m}^3$$

j) Volumen absoluto del agregado

El volumen absoluto del agregado es igual a la unidad menos el
volumen absoluto de la pasta:

$$\text{Volumen absoluto del agregado} = 0.633 \text{ m}^3$$

k) Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados

El contenido de cemento es de: 10.41 bl/m^3

El tamaño máximo nominal del agregado de: $3/4''$

Se encuentra un valor del módulo de fineza de la combinación de agregado = 5.30 (De Tabla 15 e interpolando).

l) Cálculo del valor de r_r

Conocido el valor del módulo de fineza de la combinación de agregado se puede determinar el % de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado. Para ello aplicamos la siguiente ecuación:

$$r_r = (m_g - m) / (m_g - m_r)$$

$$r_r = 37.54\%$$

m) Cálculo de los volúmenes absolutos del agregado

Volumen absoluto del agregado fino: 0.238 m^3

Volumen absoluto del agregado grueso: 0.395 m^3

n) Pesos secos de los agregados

Peso seco del:

$$\text{Agregado fino} = 610.92 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 857.57 \text{ kg/m}^3$$

o) Valores de diseño

Las cantidades de materiales calculadas por el método de módulo de fineza de la combinación de agregados como valores de diseño serán:

$$\text{Cemento} \quad 442.45 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} \quad 205.00 \text{ kg/m}^3$$

Agregado fino seco 610.92 kg/m^3

Agregado grueso seco 857.57 kg/m^3

p) Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

Agregado fino 640.85 kg/m^3

Agregado grueso 870.93 kg/m^3

A continuación, se determina la humedad superficial del agregado.

Del agregado fino = humedad – absorción = 2.86%

Del agregado grueso = humedad – absorción = -1.82%

Y los aportes de humedad de los agregados serán:

Del agregado fino = 17.48 lt/m^3

Del agregado grueso = -15.58 lt/m^3

Aporte de humedad

Del agregado = 1.91 lt/m^3

Agua efectiva = 203.091 lt/m^3

Y los pesos de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las muestras de prueba serán:

Cemento 442.5 kg/m^3

Agua efectiva 203.091 kg/m^3

Agregado fino efectivo 640.85 kg/m^3

Agregado grueso efectivo 870.93 kg/m^3

Total 2157.3 kg/m^3

q) Proporción en peso.

La proporción en peso de los materiales sin corregir serán:

1 : 1.38 : 1.94 / 19.69 lts/bolsa

La proporción en peso de los materiales corregidos serán:

1 : 1.45 : 1.97 / 19.49 lts/bolsa

r) Peso por tanda de un saco

Relación agua - cemento de diseño es: 0.46

Relación agua - cemento efectivo: 0.46

Y las cantidades de materiales por tanda de un saco serán:

Cemento	1x42.5	42.50 kg/bl
Agua efectiva		19.51 lt/bl
AF húmedo	fx42.5	61.56 kg/bl
AG húmedo	fx42.5	83.66 kg/bl

s) Volumen de probeta cilíndrica

Diámetro 15 cm

Altura 30 cm

Volumen 0.005301 m³

Para preparar 1 probeta de necesita: **12.21 kg**

Se agrega un 10% de concreto: **13.95 kg**

Tabla 44: *Proporciones de materiales por probeta: Agregado de río y Quisqueya*

Materiales	1 probeta	3 probetas
Cemento	2.86 kg	8.58 kg
Agua efectiva	1.31 l	3.94 l
Agregado fino efectivo	4.14 kg	12.53 kg
Agregado grueso efectivo	5.63 kg	16.90 kg
Total	13.95 kg	41.85 kg

3.6. Agregado de río y cemento Nacional

a) Materiales.

▪ Cemento

Portland ASTM TIPO I "Nacional"

Peso específico: 3.09 gr/cm^3

▪ Agua

Agua de la red de la universidad

▪ Agregado fino

Peso específico de masa 2.57 gr/cm^3

Absorción 2.04%

Contenido de humedad 4.90%

Módulo de fineza 2.88

▪ Agregado grueso

Perfil Angular

Tamaño máximo nominal 3/4"

Peso seco compactado 1467 kg/m^3

Peso específico de masa 2.14 gr/cm^3

Absorción 3.37%

Contenido de humedad 1.56%

Módulo de fineza 6.76

b) Determinación de la resistencia promedio

De la Tabla 14, "Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra".

Para un $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Conversión: $1 \text{ Mpa} = 10.19716 \text{ kgf/cm}^2$

Seleccionamos el mayor de los 2 valores: $f'_{cr} = 367 \text{ kg/cm}^2$

c) Selección de tamaño máximo nominal del agregado

De acuerdo a las especificaciones de obra, el agregado grueso tiene perfil angular y un tamaño máximo nominal de: 3/4"

d) Selección del asentamiento

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones de colocación requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

e) Volumen unitario de agua

El volumen unitario de agua, o agua de diseño lo seleccionamos de la Tabla 14 en la que se determina que para un agregado grueso de tamaño Máximo Nominal de 3/4", en una mezcla de consistencia plástica y con aire incorporado corresponde un volumen unitario de: 205 lt/m^3

f) Selección del contenido del aire

Como se trata de un concreto sin aire incorporado, de la Tabla 15, se determina que el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 3/4" es de: 2.00%

g) Relación agua - cemento

No presentándose en este caso ningún tipo de acción externa que pudiera dañar el concreto se seleccionará la relación agua - cemento únicamente por resistencia.

En la Tabla 16 para una resistencia promedio de: 367 kg/cm^2 ,
 f'_{cr} Concreto sin aire incorporado.

Se interpola para calcular el valor de la resistencia requerida

350	0.48
-----	------

367	X
-----	---

400	0.43
-----	------

$$X = 0.46332 \text{ } \langle \rangle \text{ } 442.45$$

h) Factor cemento

El factor cemento de la mezcla será:

$$\text{Factor cemento} = 442.45 \text{ kg/m}^3$$

Este factor se divide entre el peso de una bolsa (42.5)

$$\text{Se tiene como resultado} = 10.41 \text{ bolsas/m}^3$$

i) Cálculo del volumen de la pasta

La suma de los volúmenes absolutos de los elementos
integrantes de la PASTA será:

Volúmenes absolutos de:

*Cemento	0.143	m^3
----------	-------	--------------

*Agua	0.205	m^3	0.08
-------	-------	--------------	------

*Aire	0.020	m^3	5.2436
-------	-------	--------------	--------

$$\text{Volumen absoluto de la pasta} = 0.368 \text{ m}^3$$

j) Volumen absoluto del agregado

El volumen absoluto del agregado es igual a la unidad menos el
volumen absoluto de la pasta:

$$\text{Volumen absoluto del agregado} = 0.633 \text{ m}^3$$

k) Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados

El contenido de cemento es de: 10.41 bl/m^3

El tamaño máximo nominal del agregado de: $3/4''$

Se encuentra un valor del módulo de fineza de la combinación de agregado = 5.30 (De Tabla 15 e interpolando).

l) Cálculo del valor de r_r

Conocido el valor del módulo de fineza de la combinación de agregado se puede determinar el % de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado. Para ello aplicamos la siguiente ecuación:

$$r_r = (m_g - m) / (m_g - m_r)$$

$$r_r = 37.54\%$$

m) Cálculo de los volúmenes absolutos del agregado

Volumen absoluto del agregado fino: 0.237 m^3

Volumen absoluto del agregado grueso: 0.395 m^3

n) Pesos secos de los agregados

Peso seco del:

$$\text{Agregado fino} = 610.03 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 856.32 \text{ kg/m}^3$$

o) Valores de diseño

Las cantidades de materiales calculadas por el método de módulo de fineza de la combinación de agregados como valores de diseño serán:

$$\text{Cemento} \quad 442.45 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} \quad 205.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino seco} \quad 610.03 \text{ kg/m}^3$$

Agregado grueso seco 856.32 kg/m^3

p) Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

Agregado fino 639.91 kg/m^3

Agregado grueso 869.66 kg/m^3

A continuación, se determina la humedad superficial del agregado.

Del agregado fino = humedad – absorción = 2.86%

Del agregado grueso = humedad – absorción = -1.82%

Y los aportes de humedad de los agregados serán:

Del agregado fino = 17.46 lt/m^3

Del agregado grueso = -15.55 lt/m^3

Aporte de humedad

Del agregado = 1.91 lt/m^3

Agua efectiva = 203.094 lt/m^3

Y los pesos de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las muestras de prueba serán:

Cemento 442.5 kg/m^3

Agua efectiva 203.094 kg/m^3

Agregado fino efectivo 639.91 kg/m^3

Agregado grueso efectivo 869.66 kg/m^3

Total 2155.1 kg/m^3

q) Proporción en peso.

La proporción en peso de los materiales sin corregir serán:

1 : 1.38 : 1.94 / 19.69 lts/bolsa

La proporción en peso de los materiales corregidos serán:

1 : 1.45 : 1.97 / 19.49 lts/bolsa

r) Peso por tanda de un saco

Relación agua - cemento de diseño es: 0.46

Relación agua - cemento efectivo: 0.46

Y las cantidades de materiales por tanda de un saco serán:

Cemento	1x42.5	42.50 kg/bl
Agua efectiva		19.51 lt/bl
AF húmedo	fx42.5	61.47 kg/bl
AG húmedo	fx42.5	83.54 kg/bl

s) Volumen de probeta cilíndrica

Diámetro 15 cm

Altura 30 cm

Volumen 0.005301 m³

Para preparar 1 probeta de necesita: 12.21 kg

Se agrega un 10% de concreto: 13.95 kg

Tabla 45: *Proporciones de materiales por probeta: Agregado de río y Nacional*

Materiales	1 probeta	3 probetas
Cemento	2.86 kg	8.59 kg
Agua efectiva	1.31 l	3.94 l
Agregado fino efectivo	4.14 kg	12.53 kg
Agregado grueso efectivo	5.63 kg	16.89 kg
Total	13.95 kg	41.85 kg

ANEXO N° 4. Ensayos a la resistencia a la compresión

ANEXO N° 5. Panel fotográfico

1. Canteras



Fotografía N° 1. Cantera El Gavilán para adquirir agregado de cerro



Fotografía N° 2. Cantera La Victoria para adquirir agregado de río

2. Ensayos de Granulometría



Fotografía N° 3. Método de cuarteo del agregado fino de cantera de cerro.



Fotografía N° 4. Tamizado del agregado fino de cantera de cerro.

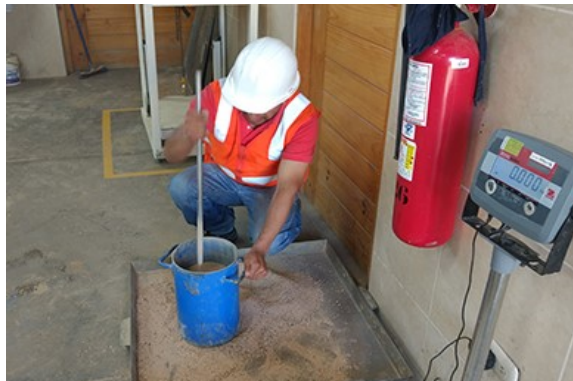


Fotografía N° 5. Método de cuarteo del agregado grueso de cantera de río.



Fotografía N° 6. Tamizado del agregado grueso de cantera de río.

3. Peso Unitario



Fotografía N° 7. Peso unitario del agregado fino de cantera de cerro.



Fotografía N° 8. Peso unitario del agregado grueso de cantera de río.

4. Gravedad específica y absorción del agregado fino



Fotografía N° 9. Ensayo del cono para luego determinar su gravedad específica del agregado fino de cantera de cerro.



Fotografía N° 10. Agregado fino y grueso sss, para luego determinar la gravedad y peso específico respectivamente

5. Peso específico y absorción del agregado grueso



Fotografía N° 11. Peso específico del agregado grueso de cantera de cerro.



Fotografía N° 12. Peso específico del agregado grueso de cantera de río.

6. Contenido de humedad



Fotografía N° 13. Secado en horno para sacar el contenido de humedad de los agregados de cerro.



Fotografía N° 14. Pesando el agregado grueso para sacar el contenido de humedad del agregado de cantera de río.

7. Slump



Fotografía N° 15. Midiendo el asentamiento del concreto fresco del agregado de cantera de cerro.



Fotografía N° 16. Asentamiento del concreto fresco del agregado de cantera de río.



Fotografía N° 17. Midiendo el asentamiento del concreto fresco del agregado de cantera de río.



Fotografía N° 18. Asentamiento del concreto fresco del agregado de cantera de río.

8. Preparación de probetas



Fotografía N° 19. Mezclado de concreto.



Fotografía N° 20. Acarreo del concreto



Fotografía N° 21. Elaboración de probetas.



Fotografía N° 22. Elaboración de probetas.



Fotografía N° 23. Equipo para iniciar el mezclado de probetas.



Fotografía N° 24. Mezclado de concreto para la elaboración de probetas



Fotografía N° 25. Midiendo el asentamiento del concreto fresco.



Fotografía N° 26. Asentamiento del concreto fresco.

9. Curado de probetas



Fotografía N° 27. Curado de probetas de concreto



Fotografía N° 28. Curado de probetas de concreto

10. Ensayos a la compresión



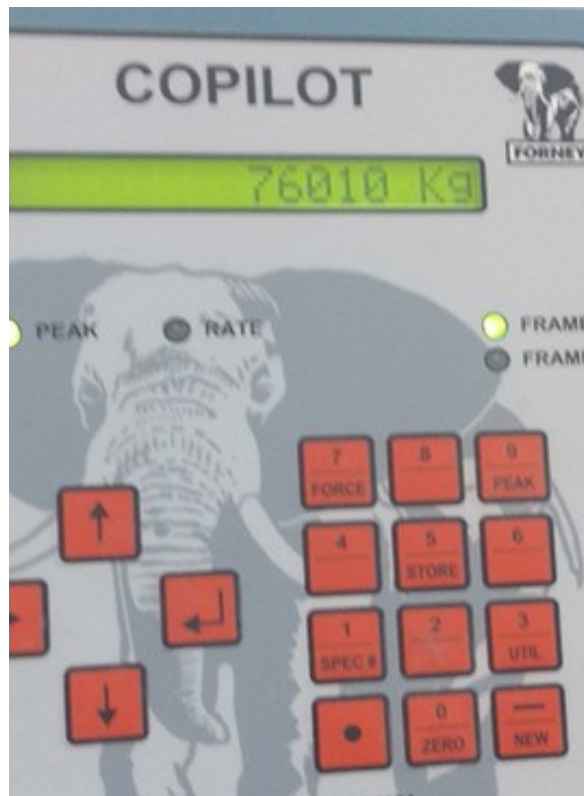
Fotografía N° 29. Midiendo el diámetro y altura de probetas para someterlos al ensayo a compresión.



Fotografía N° 30. Realizando el ensayo a compresión de probetas de concreto.



Fotografía N° 31. Realizando el ensayo a compresión de probetas de concreto



Fotografía N° 32. Carga ultima, luego de realizar el ensayo a compresión.



Fotografía N° 33. Falla tipo 4 de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339.034



Fotografía N° 34. Falla tipo 5 de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339.034



Fotografía N° 35. Realizando ensayos junto con el asesor Ing. Gabriel Cachi y el Sr. Víctor Cuzco.



Fotografía N° 36. Probetas de concreto, luego de la realización del ensayo a la compresión.