



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de  
presa Vizcachas, Moquegua”

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

**AUTOR:**

Sandoval Luciani, Williams (ORCID:0000-0002-3462-3738)

**ASESOR:**

Mg. Alzamora Román, Hermer Ernesto (ORCID:0000-0002-26347710)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A mi esposa por ser la persona que siempre estuvo a mi lado en todas las adversidades de mi vida y a mis hijos que me alientan a ser mejor persona y padre para ellos.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la oportunidad de culminar la carrera universitaria, a mi esposa por ser la persona que siempre me apoyó y acompañó en el trayecto de mi vida universitaria.

Agradezco a mi asesor, el doctor Hermer Ernesto Alzamora Román por la paciencia y apoyo brindado para la elaboración de mi tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de gráficos	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>27</b>
<b>III. METODOLOGÍA</b>	<b>34</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación	35
3.2. Variables y operacionalización	35
3.3. Población, muestra y muestreo	37
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
3.5. Procedimientos	41
3.6. Métodos de análisis de datos	41
3.7. Aspectos éticos	41
<b>IV. RESULTADOS.</b>	<b>42</b>
4.1. Recopilación de campo	43
4.2. Diseño de mezcla de concreto compactado con rodillo (CCR)	57
<b>V. DISCUSIONES</b>	<b>73</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>75</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>79</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>85</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Relación densidad humedad de mezclas de CCR	21
Tabla 2: Banda de granulometría de los agregados para CCR	29
Tabla 3: Referencia del diseño mezcla de CCR	31
Tabla 4: Tiempo VeBe para la mezcla de CCR	32
Tabla 5: Matriz de Operacionalización de variables	36
Tabla 6: Muestra para la caracterización de los agregados	37
Tabla 7: Muestra para la caracterización de a mezcla de CCR en estado fresco	38
Tabla 8: Muestra para la caracterización de La mezcla de CCR en estado endurecido	38
Tabla 9: Listado de equipos de laboratorio	39
Tabla 10: Granulometría de la combinación de los agregados para CCR	44
Tabla 11: Granulometría de arena para CCR	45
Tabla 12: Peso específico y absorción de grava 1 ( $\frac{3}{4}$ " – $\frac{1}{4}$ " )	51
Tabla 13: Peso específico y absorción de grava 2 ( $2$ " – $\frac{3}{4}$ " )	52
Tabla 14: Resistencia al desgaste de grava 1 ( $\frac{3}{4}$ " – $\frac{1}{4}$ " )	53
Tabla 15: Resistencia al desgaste de grava 2 ( $\frac{3}{4}$ " – $\frac{1}{4}$ " )	54
Tabla 16: Granulometría combinada de mescla de CCR	54
Tabla 17: Resumen de ensayos de agua de poza Vizcachas	55
Tabla 18: Log de diseño de concreto compactado con rodillo CCR	58
Tabla 19: Granulometría y proporción de áridos	58
Tabla 20: Características físicas de agregados	59
Tabla 21: Características físicas de aditivo	60
Tabla 22: Características físicas del cemento	60
Tabla 23: Características físicas de los áridos	60
Tabla 24: Dosificación de diseño de mezcla	61
Tabla 25: Características de CCR en estado fresco	62
Tabla 26: Determinación del concreto en estado fresco	63
Tabla 27: Resumen de resistencia a la compresión del CCR	65
Tabla 28: Resumen de resistencia a la tracción del CCR	65
Tabla 29: Resumen de módulo de elasticidad del CCR	66
Tabla 30: Factor de corrección para densímetro nuclear	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Presa Khanaq, Modelación térmica de elementos finitos	14
Figura 2: Presa Capillucas, huso de cemento con puzolana en clima cálido	17
Figura 3: Presa Batu Hampar, corte de junta inducida transversa	17
Figura 4: Equipo vibro compactado y mesa vibratoria VeBe	18
Figura 5: Construcción de presa con CCR en Cerro del Águila	19
Figura 6: Compactación del CCR con vibro compactador	20
Figura 7: Muestreo de agregados en cantera	43
Figura 8: Combinación de agregados de CCR de varios proyectos de EEUU	44
Figura 9: Cuarteo de agregados para contenido de humedad natural	46
Figura 10: Peso Unitario del agregado grueso	46
Figura 11: Peso específico y absorción del agregado fino	47
Figura 12: Determinación de los límites Atterberg de la arena para CCR	48
Figura 13: Determinación de equivalente de arena para CCR	48
Figura 14: Cuarteo del agregado grueso para CCR	49
Figura 15: Granulometría de los agregados gruesos para CCR	49
Figura 16: Peso unitario del agregado grueso	51
Figura 17: Dato técnico de cemento Tura	55
Figura 18: Pesos de los agregados para CCR en estado SSS	59
Figura 19: Mezcla de CCR	61
Figura 20: Determinación de la consistencia Vebe	62
Figura 21: Ensayo para obtener el peso unitario y contenido de aire en la mezcla	64
Figura 22: Elaboración de probetas de concreto CCR	64
Figura 23: Resistencia a la tracción por compresión diametral del CCR	65
Figura 24: Determinación de módulo de elasticidad de CCR	66
Figura 25: Elaboración de molde para calibración de densímetro nuclear	67
Figura 26: Densímetro nuclear de una sonda de marca Troxler 3440 Plus.	68
Figura 27: Proceso constructivo con la mezcla de CCR	70

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva granulométrica de arena de CCR	45
Gráfico 2: Gravedad específica y absorción de la producción de arena	47
Gráfico 3: Curva granulométrica de grava de 2" – ¾"	50
Gráfico 4: Curva granulométrica de grava de ¾" – ¼"	50
Gráfico 5: Gravedad específico y absorción de la producción de grava 1	52
Gráfico 6: Gravedad específico y absorción de la producción de grava 2	53
Gráfico 7: Curva de la granulometría combinada	54
Gráfico 8: Huso granulométrico combinado de CCR	59
Gráfico 9: Factor de corrección para densímetro nuclear	69
Gráfico 10: Curva de compactación cilindro de 16 Toneladas	71
Gráfico 11: Consistencia VeBe en Planta y Colocación	71
Gráfico 12: Densidades In Situ Respecto a la D.T.L.A. (D. N. de Una Sonda	72

## RESUMEN

La presente investigación lleva como título de tesis “Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas, Moquegua”, ha sido realizado con la finalidad de estudiar y presentar una propuesta de diseño de mezcla de concreto compactado con rodillo (CCR) de 14 MPa de resistencia a 90 días, analizando el comportamiento del concreto siguiendo las recomendaciones de la norma ACI 207.5R-11 Report on Roller-Compacted Mass Concrete. Para ello, se ha analizado la caracterización de los agregados concluyendo que la calidad de los agregados dependerá de la viabilidad del diseño de mezcla de concreto ya que esto determinará el uso adecuado de la cantidad de material cementante.

Según los resultados obtenidos del concreto fresco cómo la consistencia VeBe tanto en laboratorio y en planta están de acuerdo a lo esperado, con estos tiempos de consistencia se obtiene un buen desempeño en la mezcla de CCR, su extendido, compactación y comportamiento en campo es aceptable, en cuanto a los ensayos de comprensión, tracción, granulometría, porcentaje de pasta están muy por encima de lo estimado.

Llevamos a la conclusión que esta propuesta de diseño y la metodología de construcción adecuada podemos afirmar que si existe una mejora a la resistencia al 100% utilizando la mitad de material cementante propuesta por ACI para un diseño de mezcla de 14MPa.

Palabras claves: Concreto compactado con rodillo, CCR, consistencia Vebe.

## ABSTRACT

This research has as the thesis title "Design of compacted concrete with a roller (CCR), for the body of the Vizcachas dam, Moquegua", has been carried out with the purpose of studying and presenting a design proposal for a mixture of compacted concrete with a roller (CCR) of 14 MPa of resistance to 90 days, analyzing the behavior of the concrete following the recommendations of the standard ACI 207.5R-11 Report on Roller-Compacted Mass Concrete. For this, the characterization of the aggregates has been analyzed, concluding that the quality of the aggregates will depend on the feasibility of the concrete mix design, since this will determine the appropriate use of the quantity of cementitious material.

According to the results obtained from the fresh concrete, how the VeBe consistency both in the laboratory and in the plant are according to expectations, with these consistency times a good performance is obtained in the CCR mixture, its spread, compaction and behavior in the field is acceptable. As for the tests of compression, traction, granulometry, percentage of paste are well above the estimated.

We conclude that this design proposal and the appropriate construction methodology we can affirm that if there is an improvement to the resistance to 100% using half of the cementitious material proposed by ACI for a mixture design of 14MPa.

Keywords: Roller compacted concrete, CCR, Vebe consistency

## **I. INTRODUCCIÓN**

## **Realidad problemática**

En la construcción de presas o represas en el mundo, el más usual son hechas con material suelto (tierras, gravas, rocas, arcilla, etc.) esto es debido a su versatilidad y su principal característica de zonificación de sus materiales, mayormente son construidas con materiales procedente de la excavación propia de la zona o del entorno más cercano donde se va a cimentar la presa. Las presas hechas con estos tipos de material tienen ciertas ventajas como el ahorro, costo de material y transporte, gracias a su cimentación fácil y su integración ambiental con el entorno de la naturaleza, sin embargo, estas estructuras al no contener cemento como parte de su estructura no pueden garantizar la impermeabilidad del cuerpo de la presa, lo más importante es que con estos tipos de presas hechas con material suelto no se puede construir en toda la longitud de su corona, como consecuencia estos no cuentan con vertedero, aliviadero ni desagüe ya que al estar al contacto con el agua estos materiales son arrastrados que incluso pueden causar la destrucción de la presa al no tener capacidad de soportar esfuerzos a la compresión y tracción.

Las presas de fábrica casi todas son construidas de concreto y las mayorías de ellas son esbeltas de las cuales son capaces de soportar esfuerzos de compresión y tracción por lo que es aprovechado para acumular grandes volúmenes de agua, gracias a sus características del concreto estos tipos de presas si se puede disponer de vertedero, aliviadero, conductos de desagüe, compuertas, entre muchas estructuras que demande el diseño según la necesidad, son resistentes y nos permite que sea más impermeable. Su mayor desventaja frente a las presas de material sueltos es por su mayor costo de construcción.

Las presas de fábrica por general son hormigonadas de manera masiva y el uso de alto contenido de cemento en el concreto produce retracción en la estructura de concreto aumentado así el riesgo de aparición de fisuras, esto a su vez reduciendo la impermeabilidad de la estructura, aumentando el riesgo de infiltraciones de agua a través de la estructura, limitando así la resistencia final del concreto. Sobre la realidad problemática tenemos:

## **A nivel internacional**

En España, se han presentado diversos desastres que han llevado a perder vidas humanas, por tal motivo han tenido que realizar sus propios avances referido a la seguridad de presas y gestión de riesgos (Revista de Obras públicas, 2016, “XXV Congreso Internacional de Grandes Presas Stavanger”, p.50, párr.7), es por ello dar la importancia de difundir estos hechos a futuros proyectos.

Otro aspecto tenemos en México, Domínguez expone la realidad problemática en el desarrollo de la planificación y construcción de las infraestructuras hidráulicas de México (Evolución, situación actual y nuevos enfoques para dar viabilidad, 2019, p. 3, párr.1), por consiguiente, se requiere tener mayor enfoque en la situación real para tomar mejores decisiones.

Por otro lado, en Brasil, los representantes de la minera Vale S.A. se fiaron de los depósitos de desechos y de la estructura de la presa que no contaba con concreto y acero, provocando así el colapso de la presa (The New York Times, 2019, “El colapso de la represa en Brasil, una tragedia anunciada”, párr. 3), por esta razón es de vital importancia saber que tipo de material se va a utilizar considerando todos los panoramas del entorno para realizar el diseño de la presa.

Por último en Colombia, así como los materiales primas que conforman para la elaboración de concreto es de vital importancia, así como el proceso de elaboración, colocación y curado del concreto del cual afecta directamente la calidad de la misma (Revista Ingeniería de Construcción RIC, 2018, “Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón”, p. 161, párr.3), por consecuencia la alteración de cualquiera de sus componentes afecta la resistencia final del concreto para la cual fue diseñada.

## **A nivel nacional**

En la región de Huancavelica, de acuerdo a su tesis presentado por Hernández, la presa y el túnel de la central hidroeléctrica Cerro del Águila que fue ejecutada en la provincia de Tayacaja evidencia incumplimientos sobre los alineamientos basados en plan de gestión de calidad del proyecto requisitos que son considerado como estándares establecido según norma OHSAS 18001:2007, ISO-9001:2008, ISO 14001:2004, (Hernández, 2018, p. 40), es por ello que estos procedimientos garantizan la calidad del producto final.

Tambien se suma a ello en la región de Puno, en las provincia de Melgar y Lampa a través del gobierno regional que puso en funcionamiento tres represas favoreciendo a más de 13 000 habitantes así como los distritos de Ocuwiri, Llalli, cupi y Umarachi implementando el riego de más de 3,500 hectárias de cultivos. (Andina, 2013, “agencia peruana de noticias”, párr.1-3). Por consecuente pone fin a los problemas de hace 20 años sobre el escasez de agua en esa localidad.

Luego en la región de Ancash, de acuerdo al inventario de presas en el Perú realizada por el ANA y el MINAGRI, este estudio determinó que en la región de Ancash cuenta con el mayor número de presas construidas con un total de 143 presas, sin embargo en la región de San Martín solo cuenta con 1 presa. (Autoridad Nacional del Agua, 2015, p.180), esto refleja la importancia de las autoridades de las diferentes regiones para el desarrollo y crecimiento de su localidad.

## **A nivel local**

En la región de Moquegua según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2015, p.180) la región de Moquegua cuenta con 7 diferentes tipos de presas y micro presas.

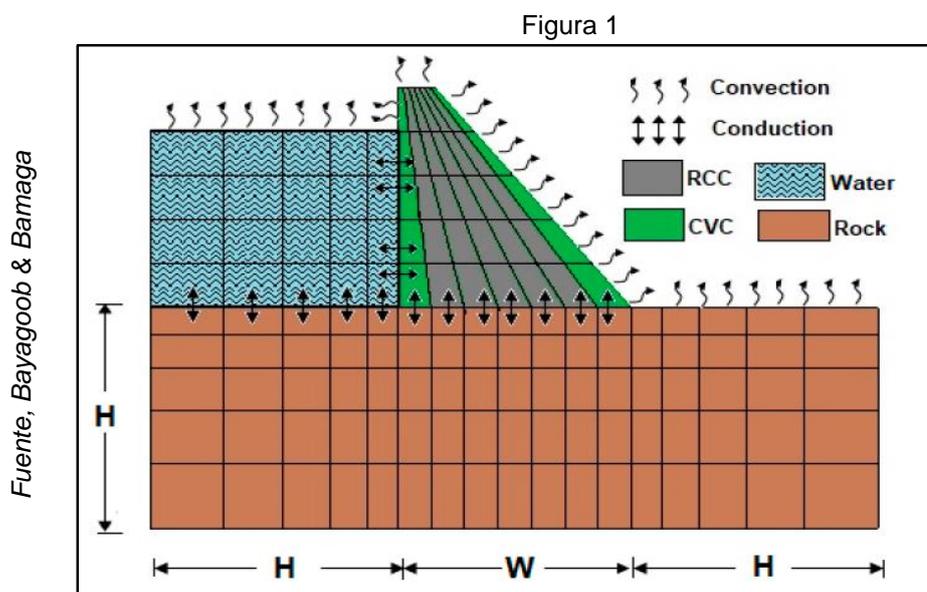
En el estudio de impacto ambiental (EIA) realizada por la consultora Knight Piésold consultores S.A. para la construcción del proyecto Quellaveco en donde se construirá la presa Vizcachas, la empresa Anglo American Quellaveco S.A. dan fe a su compromiso en minimizar el impacto ambiental en todas sus operaciones.

## Trabajos previos

Luego de haber revisado y verificado publicaciones, libros, tesis, artículos científicos y noticias en los ámbitos internacional, nacional y local con respecto a nuestro objetivo de este estudio de investigación muestra la importancia de buscar alternativas de solución en cuanto a la reducción de costos y tiempo, pero a su vez manteniendo la calidad y los estándares establecidos en las normativas vigentes, sobre los trabajos previos, tenemos:

### En el ámbito internacional

En Arabia Saudita los investigadores Bayagoob & Bamaga realizaron una investigación “Construction of Roller Compacted Concrete Dams in Hot Arid Regions” con el propósito de estudiar la presa Khanaq construida de RCC en el estado de Bisha en Arabia Saudita con el objetivo de realizar un análisis térmico en la construcción de presas de CCR en zonas áridas, contemplando las características del RCC, temperatura y plan de colocación del RCC del cual Concluyeron que en la construcción de presas de RCC en regiones áridas es mejor construir en estación de invierno en el horario adecuado, así mismo determinó que la temperatura de colocación del concreto no debe ser más 20 °C con el fin de eliminar la exposición de fisuras en toda la superficie del cuerpo de la presa (Bayagoob & Bamaga, 2019).



En la ciudad Tlemcen en Argelia los investigadores Rouissat, Smail & Zenagui en su investigación “Importance of using roller compacted concrete in techno-economic investigation and design of small dams” realizaron estudios a diferentes presas de Argelia, quienes aplicaron en el caso de la presa de tierra Khneg Azir. Sus objetivos fueron estudiar el uso del hormigón compactado con rodillo (RCC) para diseños de aliviaderos aislados de pequeñas y medianas presas en el nivel técnico económico y a nivel de diseño hidráulico, realizando un comparativo de presas hechas de tierra entre presas de RCC, después de analizar los cálculos del diseño hidráulicos y su evaluación económica considerando todas las diversas variantes así como el diseño geométrico, estabilidad estructural y vuelco para las diferentes cimentaciones se concluye que las presas con concreto compactado con rodillo (RCC) continua haciendo el más idóneo económicamente e hidráulicamente contra las presas hechas de tierra, así también se concluye que las deformaciones en promedio de las fundaciones es de (0.052-0.085)m para presas de tierra y (0.023-0.373)m para las presas de RCC (Rouissat, Smail & Zenagui, 2017).

En Turquía en la ciudad de Ankara, el ingeniero Sedar Sogut en su tesis para el grado en maestría en ciencias “State of the art in roller compacted concrete (RCC) dams: design and construction” entre sus objetivos y conclusiones más importantes resaltamos:

- El primer objetivo es analizar y precisar las recomendaciones de los comportamientos sísmicos y térmicos de las presas de RCC existentes llegando a concluir que las cimentaciones blandas disminuyen las tensiones principales en el cuerpo de presa e incrementando la facultad de deformación de la misma, esto se debe porque los esfuerzos de tracción que guardan relación con el módulo de elasticidad de la cimentación y este a su vez con el módulo de elasticidad del concreto.

- El segundo objetivo es examinar el diseño de la mezcla de RCC incluyendo las propiedades de los materiales que influyen en el diseño para determinar los factores que dañan las propiedades de la mezcla, concluyeron lo siguiente: el

contenido de cuarcita y argilita en los agregados que servirán para la mezcla de RCC alteran aumentando el módulo de elasticidad del concreto en tanto la piedra arenisca reduce el módulo de elasticidad. Los agregados con buena gradación, de forma angulares trituradas y de buena calidad mejoran aumentando la resistencia en tanto el empleo de finos en la mezcla al reducir el uso de aguas estos completan los vacíos de la mezcla incrementando la resistencia del concreto. La adición de puzolana en la mezcla de RCC es desfavorable para las regiones de baja temperaturas esto se debe porque se requiere una alta resistencia inicial, sin embargo favorece en climas cálidos (Sogut, 2014).

Figura 2

Fuente, elaboración propia



*Presa Capillucas, huso de cemento con puzolana en clima cálido*

En la ciudad de Shah Alam en el estado de Selangor en Malasia los investigadores Zulkifli, Hamid, Arshad & Ahmad en su investigación “Construction of Roller Compacted Concrete Dam in Malaysia: Batu Hampar Dam” cuyo objetivo fue construir la presa de RCC en Malasia para evaluar conjuntamente con un grupo de expertos apoyándose con los libros con el propósito de tener un panorama más claro para definir las directrices de los procesos del diseño, proceso constructivo y demás proceso de la construcción, llegando a la conclusión de que el proceso constructivo en la construcción de una presa de concreto RCC es importante iniciar con el desarrollo del diseño de mezcla del RCC ya definido, también se debe

considerar un tratamiento en la superficie antes de recibir el RCC, se requiere también un riguroso control durante el preparado, transporte y colocación del RCC, así mismo se debe contemplar la instalación de instrumentación que servirán para garantizar el buen desempeño de la presa (Zulkifli, Hamid, Arshad & Ahmad, 2014).

Figura 3



Fuente, Zulkifli, Hamid, Arshad & Ahmad

*Presa Batu Hampar, corte de junta inducida transversal*

En la ciudad de México, Valencia en su tesis de grado de maestro en ciencias “Consideraciones prácticas para el diseño de presas de concreto compactado con rodillo” cuyo objetivo fue estudiar las propiedades predominantes para la aplicación del concreto CCR para el diseño de una presa del cual concluye que lo primero que se tiene que hacer es desarrollar el diseño de mezcla del CCR que reúna las condiciones diversas y situaciones que se pueden presentar durante la construcción de la presa así como los controles en todas sus etapas (Valencia, 2013).

En El Salvador , en la ciudad de San Salvador, los investigadores Baños Merlin, Flores Tatiana & Santos Elder en su tesis de pre grado “Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto

compactado con rodillo”, el cual utilizaron para la fabricación de los testigos de concreto el equipo consistómetro Vebe o también llamado mesa vibratoria según la norma ASTM C 1176 y el martillo vibro compactador de acuerdo a la norma ASTM C 1435” cuyo objetivo fue analizar y comparar el diseño de mezcla del CCR aplicando el consistómetro Vebe y el uso del equipo martillo vibro compactador para hallar la resistencia a la compresión de la mezcla de CCR, concluyéndose que al respecto al acabado superficial de los testigos de la mezcla del CCR el método de uso con el martillo vibro compactador resulta tener mejores perspectivas en cuanto al acabado superficial se refiere, así mismo se concluyó que el tiempo de elaboración del CCR es el más funcional y rápido, en cuanto a la resistencia la relación entre el usos de los dos métodos, el del martillo vibro compactador resultaron tener mayores resistencia en un valor de 7% a 7 días y 4% a 28 y 56 días a diferencia con el equipo Vebe (Paños, Flores & Santos, 2012).

Figura 4



*Equipo vibro compactado y mesa vibratoria VeBe*

### **En el ámbito nacional**

En la ciudad de Arequipa la investigadora Estefanía Hernández en su tesis de pre grado “Presas y túnel para la central hidroeléctrica Cerro del Águila” cuyo objetivo era desarrollar un diseño de mezcla del CCR con una adición de 100 kg/m<sup>3</sup> cuya resistencia a la compresión es de 12MPa a 180 días con un tiempo Vebe entre 10

a 30 segundos, del cual concluyó este diseño de mezcla de manera satisfactoria que al final se utilizó para construir el cuerpo de la presa siendo esta la mezcla que mejor condición tenía para el desarrollo de esta presa (HERNÁNDEZ, 2018).

Fuente, 7° Simposio Internacional de Hormigón Compactado con Rodillo (RCC)

Figura 5



Construcción de presa con CCR en Cerro del Águila

En la ciudad de Cajamarca el investigador Piere Saldaña en su tesis de grado de ingeniero civil “Resistencia a la compresión de un concreto compactado con rodillo en diferentes tiempos de vibrado” entre sus objetivos y conclusiones tenemos:

- Realizar la caracterización de las propiedades físicas de los agregados para la mezcla de CCR, después de analizar la caracterización de los agregados tomada de la cantera Roca para ser utilizada en la mezcla de CCR tenemos las siguientes características: la grava cuenta con una Grav. Esp. de 2.82 gr/cm<sup>3</sup>, Abs. de 3.68%, P.U.S de 1636.31 Kg/m<sup>3</sup>, P.U.C de 1753.49 Kg/m<sup>3</sup> y la arena contiene una Grav.Esp. de 2.66 gr/cm<sup>3</sup>, Abs. de 1.29%, P.U.S de 1443.78 Kg/m<sup>3</sup>, P.U.C de 1512.99 Kg/m<sup>3</sup>
- Realizar un diseño de mezcla de CCR de 280 kg/cm<sup>2</sup> comparando los tiempos vibrado de 5,10 y 15 segundos, el cual se concluyó que el tiempo Vebe óptimo para este diseño es de 15 segundos cuya resistencia obtenida es de 357.25 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días de edad (SALDAÑA, 2017).

En la región de Puno el investigador David Curasi en su tesis de pre grado “Diseño del concreto compactado con rodillo (CCR), para presas en la región de Puno” cuyo objetivo es determinar la resistencia de concreto CCR utilizando el vibro compactador para elaborar los especímenes de concreto comparando los resultados según en número de capa /tiempo en 3 y 4 capas en 20 y 15 segundos respectivamente, también determinar el óptimo contenido de humedad de la mezcla de CCR, concluyendo el estudio como resultado un contenido de humedad óptimo de 8.4% para un contenido de cemento del 14%, cuya resistencia a la compresión supera lo esperado con una relación de a/c de 0.54, para  $f'c$  de 210kg/cm<sup>2</sup> a 28 días, utilizando el vibro compactador para elaborar los especímenes de concreto del cual el comparativo concluye que las especímenes elaborados en 4 capas compartidas en tiempo de 15 segundos por capa alcanzó una resistencia de 217kg/cm<sup>2</sup> a 28 días en tanto a los especímenes de elaborados con 3 capas a 20 segundo alcanzó una resistencia de 205kg/cm<sup>2</sup> a 28 días, Curasi concluye que se debe extender los estudios para para cumplir el desempeño de la mezcla de CCR en campo (CURASI, 2016).

Figura 6



Fuente, Escalaya

Compactación del CCR con vibro compactador

En la ciudad de Lima los investigadores Mirian Escalaya & Jorge Alva "Diseño de mezclas de concreto compactado con rodillo utilizado conceptos de compactación de suelos", cuyo objetivo es desarrollar y analizar el diseño de la

mezcla de concreto CCR aplicando la filosofía de suelos para optimizar el desarrollo y perfeccionamiento de la mezcla de CCR, lo cual concluye que es recomendable realizar el diseño de mezcla del CCR aplicando la filosofía de suelos ya que esta se basa a la relación de humedad-densidad siendo el contenido de humedad óptima la variable que determina la resistencia final del concreto CCR, también concluye que el comparativo del método de compactación en la fabricación de los testigos de la mezcla de CCR el martillo o vibro compactador es el que mejor resultado tiene compactando a 20 segundos por capa siendo este más rápido la compactación que utilizar el método del Proctor Modificado (Escalaya & Alva, 2011).

Tabla 1. *Relación densidad humedad de mezclas de CCR*

PROCTOR Nº	Tipo de cemento usado	cemento (% en peso)	OCH %	MDS gr/cm <sup>3</sup>
1	SIN CEMENTO	-	5,7	2,271
2	PORTLAND TIPO I (SOL)	2	6,6	2,278
3		3	6,7	2,276
4		4	6,6	2,255
5		5	6,7	2,253
6		PUZOLÁNICO TIPO IP (ATLAS)	2	6,6
7	3		6,7	2,261
8	4		6,6	2,277
9	5		6,7	2,274

Fuente: Escalaya & Alva.

### **En el ámbito local**

La Presa Vizcachas está ubicada en el distrito de Carumas, provincia de Mariscal Nieto en Moquegua aproximadamente a 4,300 a 4,500 msnm ubicada en el Altiplano Andino el cual cuenta con diferentes relieves, colinas, quebradas, bofedales, de clima frío con presencia de lluvias, glaciares, granizos y con frecuencias de tormentas eléctricas, centralizado entre los anexos de Huachunta, Chilota y de los centros poblados de Aruntaya y Titire.

La presa Vizcachas tendrá una capacidad de embalse de 60 M de m<sup>3</sup> de agua del cual Anglo American utilizará en promedio 4 millones de metros cúbicos para sus operaciones y la diferencia será destinada para uso agrícola en beneficio de Moquegua y el Valle del Tambo en Arequipa (Moquegua Construye Quellaveco, 2020).

En construcción de presas a gravedad se requieren grandes volúmenes de concreto en un periodo corto de tiempo, siendo esto un problema en el abastecimiento, montaje y puesta en marcha de equipo y maquinaria, previsto para la producción de agregados, mezclado, transporte, colocación y así mismo la disponibilidad de estos equipos durante la ejecución. Por otro lado, la utilización del cemento juega un rol importante en cuanto costo se refiere.

El tiempo de duración de construcción de presas mediante procesos constructivos convencionales es de vital importancia ya que este afecta directamente los plazos y los cronogramas de ejecución del proyecto.

Una de las deficiencias durante el proceso constructivo durante la colocación de concreto convencional es que no se puede someter carga de forma inmediata sobre la superficie de concreto recién colocada. El uso de concreto convencional para este tipo de estructura y poder garantizar la permeabilidad y durabilidad de la estructura de concretos así también controlar el gradiente térmico diseñado para la presa, estos concretos utilizados suelen tener los costos muy elevados.

El concreto CCR, nace a través de la búsqueda de un nuevo material que sea competitivo y que contribuya en el desarrollo de diseños de presas de fábrica. La implementación de esta tecnología renueva la forma tradicional de diseñar mezclas de concreto, tal es así que es considerado como uno de los mejores avances en cuanto a la tecnología de concreto se refiere. Su ventaja principal es costo más bajo que este representa y la mayor velocidad de construcción que se puede llegar al aplicar este método en la construcción de diques y presas.

El concreto compactado con rodillo es denominado también CCR, es una combinación de grava con arena, teniendo una granulometría controlada a la que se añade cemento portland y posiblemente adiciones con puzolanas. Los materiales se mezclan con agua hasta obtener una masa de consistencia húmeda que se pueda transportar con bandas o volquetes, extender con buldócer, y compactar con un rodillo vibratorio.

Este tipo tecnología de concreto se viene ejecutando ya hace muchos años sin embargo no se da la debida importancia ya que no se tiene suficientes investigaciones registradas. Este presente trabajo de investigación está enfocado al desarrollo del diseño de concreto CCR de forma simplificada y que esta pueda ser replicada en otros proyectos y sirva como punto de partida.

El uso de esta tecnología abarca de hace muchos años, en la construcción de presa, la primera aplicación fue en la construcción de la presa de Shihmen en Taiwán en el año 1960. A lo largo de los años esta metodología ha tomado una mayor importancia en el mundo como así también en el Perú.

A pesar de todos los argumentos, en el Perú la realidad no es tan distinta, no se les ha dado la importancia estas obras hidráulicas para el desarrollo de la ingeniería civil, es responsabilidad de este profesional el de investigar las grandes ventajas que este representa para el desarrollo de un país dando a conocer esta tecnología de concreto.

### **Teorías relacionadas al tema**

- **Concreto compactado con rodillo (CCR):** Mezcla de cemento, agua y agregados, eventualmente con aditivos retardantes y/o adiciones usadas en construcción. Básicamente se trata de un concreto de revenimiento “nulo”, de poca concentración de cemento a diferencia de los concretos convencionales, el cual es compactado con rodillo convencional. Al pasar todos los equipos de vibrado, conformación y extendido del material la mezcla de CCR no debe hundirse, sin embargo, la pasta de cemento debe ser homogéneo dentro de la mezcla.

- **Consistómetro VeBe:** Es una mesa vibratoria con una olla y sobrecarga especialmente diseñadas, midiendo el tiempo estimado de vibración logrando para la consistencia (tiempo VeBe) adecuada de la mezcla de CCR.
- **Probeta o espécimen:** muestra de concreto tomado en estado fresco en moldes cilíndricos de dimensiones estándar 6" x 12", elaborada por vibro compactador con equipo especial, que se empleará para comprobar las resistencias del concreto a diferentes edades (generalmente hasta 180 o más) al someterla a fractura por compresión, tracción indirecta y módulo de elasticidad.
- **Volumen de pasta:** Todo el material componente de la mezcla que pasa a través de la malla N°200, esto es el contenido de cemento, contenido de la adición puzolánica (puzolana, ceniza volante), dosificación del agua libre, aire atrapado, aditivo retardante y fracción del agregado menor de 0.075 mm.
- **Consistencia extremadamente seca:** Es la consistencia del concreto que no tiene revenimiento y de una consistencia Vebe mayor a 30 segundos cuando se mide por el procedimiento A.
- **Consistencia muy seca:** Es la consistencia del concreto que no tiene revenimiento y de una consistencia Vebe entre un rango de 20 a 30 segundos cuando se mide por el procedimiento A o B.
- **Consistencia seca:** Es la consistencia del concreto que no tiene revenimiento y de una consistencia Vebe entre un rango de 5 a 20 segundos cuando se mide por el procedimiento B.
- **Consistencia Vebe:** El tiempo que requiere una masa de concreto dada para ser consolidada en una probeta cilíndrica por medio de vibración bajo una masa de sobrecarga.

- **Extensómetro:** Equipo para obtener la deformación transversal de un espécimen cilíndrico, para determinar la relación de Poisson.
- **Compresómetro:** Aparato para medir el módulo de elasticidad usando un dispositivo con sensor adherido o no adherido.

## **Formulación del problema**

La formulación del problema a estudiar es diseñar el concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas.

## **Justificación**

La investigación se justifica socialmente porque favorece directamente a la población de Moquegua, así como a los sectores de agricultura que gracias al proyecto podrán gozar de agua para sus intereses. También la investigación se justifica económicamente debido a su enorme reducción de los costos debido a la restricción del cemento en el diseño de la mezcla, así también gracias a su ventajosa velocidad de construcción favorece en la reducción de plazo durante la ejecución del proyecto. Por último, la investigación se justifica técnicamente porque colabora con la comunidad de ingenieros civiles en tener una herramienta de consulta sobre el diseño de CCR dando a conocer la extensión del desarrollo del diseño de mezcla como alternativa de solución en la construcción de presas en el Perú y del mundo.

## **Hipótesis**

La hipótesis planteada es diseñar la mezcla de concreto compactado con rodillo (CCR), presenta las características en función al tiempo Vebe de 20 a 35 segundos.

## Objetivos

El objetivo de la investigación es diseñar el concreto compactado con rodillo (CCR) para el cuerpo de presa Vizcachas en la región de Moquegua con una resistencia de 14 MPa a 90 días. Los objetivos específicos son: 1.0 determinar las propiedades físicas requeridas para el diseño de mezcla CCR, 2.0 analizar la variación de las características del peso específico SSS y absorción del agregado a lo largo del tiempo de producción, 03 Determinar las propiedades del CCR en estado fresco: Peso Unitario, contenido de aire, consistencia de la mezcla y temperatura, 04 analizar densidades del CCR determinadas con el densímetro nuclear de una, 05 determinar las resistencias a compresión y tensión indirecta y módulo de elasticidad de la mezcla de CCR, 06 proponer la dosificación ideal para el diseño de mezcla del CCR de 14MPa 90 días.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

Sobre el marco teórico tenemos:

### **Definición del concreto compactado con rodillo (CCR)**

De acuerdo al comité 207 del ACI en su informe (Hormigón en masa compactado con rodillo, 2011) lo define como un concreto sin asentamiento en condición no endurecida puede soportar un rodillo mientras es compactada. El CCR es comunmente la mezcla es dosificado de forma continua y es transportada, conformada y compactada empleando equipos de movimiento de tierras y enrocado.

### **Agregados para el concreto compactado con rodillo (CCR)**

El o los agregados para el CCR deberá ser triturado de roca andesita proveniente de la cantera Cesi o Pelluta. Los ensayos a realizar a los agregados serán en base a lo indicado:

- Granulometría de cada una de las fracciones (agregados lavados) (ASTM C 136).
- Determinación por lavado material que pasa la malla n° 200 ( ASTM C 117)
- Peso Unitario de cada una de las fracciones (ASTM C 29).
- Gravedad específica y absorción del agregado fino de acuerdo al (ASTM C128).
- Gravedad específica y absorción de los agregados gruesos según norma (ASTM C127).
- Determinación de partículas planas y alargadas (ASTM D 4791)
- Determinación de la Humedad de los Agregados ASTM C 566 (aplicar la norma ASTM C 70 para agregados finos)
- Límite líquido, límite plástico e índice plástico de suelos (ASTM D 4318)
- Equivalente de arena de suelos finos (ASTM D 2419)
- Resistencia al desgaste de acuerdo al (ASTM C 131)

### **Banda límite de granulometrías de los agregados para CCR**

Será aceptable cualquier curva granulométrica dentro de la banda que tenga el mismo perfil básico mostrado en la siguiente figura. Sin embargo, no se permitirá una granulometría que en algún tamaño se aproxime al límite superior y en el

precedente o subsecuente se aproxime al límite inferior o viceversa. En la siguiente tabla se describen las granulometrías mencionadas:

Granulometría combinada “Todo en uno” – 100 % pasando el tamiz de 63 mm.

Grupo I – 100% pasa el tamiz de 63 mm y al menos el 98 % retiene en el tamiz de 19 mm.

Grupo II – Al menos el 98% de material pasa el tamiz de ¾”.

Grupo III (de ser utilizado) – Al menos el 98% de material pasa el tamiz de 4.75 o 9.5 mm

Tabla 2. Banda de granulometría de los agregados para CCR

Tamiz		Porcentaje que pasa el Tamiz (en peso, lavado)		
mm	US Standard	“Todo en uno”	Grupo I	Grupo II
63 mm	2 ½ “	100	100	
51 mm	2 “	99 – 100	88 - 100	
38 mm	1 ½ “	96 – 100	70 - 100	
25 mm	1 “	78 – 90	12 - 55	
20 mm	¾ “	66 – 79	0 - 2	98 - 100
9.5 mm	3/8 “	49 – 61		64 - 83
4.75 mm	#4	38 – 48		49 - 66
2.36 mm	#8	28 – 38		39 - 53
1.18 mm	#16	21 – 30		29 - 41
0.60 mm	#30	15 – 23		21 - 32
0.30 mm	#50	10 – 16		14 - 23
0.15 mm	#100	7 – 12		8 - 16
0.075 mm	#200	4* - 7*		4 - 10

Fuente: especificaciones técnicas del proyecto Quellaveco.

\* Ajustar el porcentaje máximo y mínimo de material que pasa el tamiz No. 200 para la granulometría todo en uno, como sigue:

- Incrementar en 1% si el contenido de materiales cementantes (cemento + ceniza volante u otras puzolanas) del CCR es menor que 85 kg/m<sup>3</sup>.

- Reducir 1% si el contenido de materiales cementantes del CCR es mayor que 160 kg/m<sup>3</sup>.

Todo el material que pase por el tamiz #30 o #40 deberá tener un índice de plasticidad no mayor que 25 y un límite líquido no mayor que 55. Dichos límites deberán ser determinados con el material lavado.

Para determinar la cantidad de partículas planas y alargadas debe ser de acuerdo con la norma ASTM D 4791 (CRD-C 119). La cantidad de partículas planas y alargadas del o de los agregados gruesos, no deberá exceder el 40% en cualquier grupo de partículas del mismo tamaño (igual tamiz), ni tampoco deberá exceder el 30% del promedio total ponderado para todos los grupos de tamaños de la gradación total.

### **Criterio General para el Diseño de Mezcla**

Se deberán seguir las especificaciones del ACI 211.3R, apéndice 3 “Roller Compacted Concrete”. El criterio general de diseño deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Suministrar la resistencia adecuada para cumplir con los requerimientos estructurales de diseño y durabilidad.
- Minimizar el incremento adiabático de temperatura por hidratación del cemento y subsecuentemente los esfuerzos térmicos y el potencial de agrietamiento.
- Obtener una mezcla práctica con una determinada consistencia que sea fácilmente compactable y permita la construcción de la presa.
- La consistencia se medirá por medio de un consistómetro VB modificado, según la norma ASTM C 1170, método A. El tiempo VB3 promedio así determinado para esta mezcla deberá estar comprendido entre 20 y 35 segundos. Igualmente, la mezcla diseñada deberá cumplir con que la densidad obtenida con método de compactación de acuerdo a la norma ASTM C 1435.

- La densidad promedio “in situ” del CCR después de su compactado no será menor a 96% de la Densidad Teórica Libre de Aire (DTLA).
- Obtener una mezcla económica. Las proporciones indicadas en la tabla inferior son aproximadas, la dosificación final del cemento será determinada con base en los resultados del programa de mezclas preliminar a ser desarrollado.
- Referencialmente se ha considerado como apropiada la mezcla que se indica en la tabla siguiente, la cual deberá ser confirmada con los estudios finales realizadas.

Tabla 3. Referencia del diseño mezcla de CCR

PROPORCION APROXIMADA (SSS) KG/M <sup>3</sup>							
Mezcla N°	Uso Primario	Resistencia Compresión a 90 días (f'c) (MPa)	TM Agregado (mm)	Cemento	Agua	Aditivo Retardante	Agregado
1	En la Presa	14	51	130	130	1X-4X	2200
2	En las primeras cuatro capas de la presa	14	51	130	130	1X-4X	2200

Fuente: especificaciones técnicas del proyecto Quellaveco.

### Determinación de la consistencia de la mezcla de CCR

Para determinar la consistencia de la mezcla de CCR se requiere 13 kg de mezcla, los cuales deben ser colocados dentro del aparato VB y sobre esta mezcla, se colocará la sobrecarga de 22.7 kg de peso. Se debe realizar este ensayo de acuerdo a la norma ASTM C 1170.

- Tiempo VB1: es el tiempo en el que aparece sensiblemente la lechada a lo largo del espacio anular localizado entre el molde metálico del aparato VB y el plato de polietileno que soporta la sobrecarga.
- Tiempo VB2: es el tiempo cuando la lechada aparece en la totalidad del espacio anular antes indicado.

- Tiempo VB3: es el tiempo cuando la lechada alcanza la parte superior del anillo que soporta la sobrecarga.

Los tiempos VB objetivo del diseño de la mezcla de CCR de la presa Vizcachas se indican a continuación:

Tabla 4. Tiempo VeBe para la mezcla de CCR

<b>Tiempos VB (seg.)</b>			
<b>Rango</b>	<b>VB1</b>	<b>VB2</b>	<b>VB3</b>
Min	7	13	20
Promedio	±10	±17	±27
Max	14	22	35

Fuente: especificaciones técnicas del proyecto Quellaveco.

### **Muestras para determinar propiedades del CCR en estado endurecido**

Para la fabricación y ensayo de cilindros de CCR de prueba (150 x 300 mm), así como para la realización de ensayos VB modificado, de densidad compactada o unitaria de la mezcla fresca, junto con su contenido de aire, temperatura y humedad. Las pruebas en estado fresco se realizarán en cada turno de colocación del CCR. En la elaboración de los espécimen de prueba, se utilizará según método de la ASTM C 1435 o un método equivalente.

Se fabricarán un número mayor de cilindros, 24 cilindros para ser ensayados tres (3) cilindros a las siguientes edades de prueba: 3, 7, 14, 28, 56, 90 y 180 días más tres cilindros para el ensayo de curado acelerado (14 días). Esta serie de muestras se utilizarán para determinar las curvas completas de la relación esfuerzo deformación para cada ensayo de compresión, con el reporte de los módulos secantes al 25%, 50%, 75% y 100% de la carga última. Además, serán realizados ensayos de tensión indirecta a las mismas edades indicadas anteriormente, más el ensayo de curado acelerado.

### **Densidad in-situ del CCR**

Las medidas de la densidad serán determinadas por medio de un densímetro nuclear calibrado previamente para cada mezcla de diseño utilizada. La calibración se realiza en un molde cilíndrico con dimensiones, peso y capacidad conocidos. Para el proceso de calibración se deberá contar con un método para levantar y pesar el cilindro lleno de CCR compactado, incluyendo su base inferior.

El modo de transmisión directo del densímetro será utilizado en la toma de las lecturas. Las lecturas con el densímetro deberán ser tomadas en la parte inferior de la capa, parte media y aproximadamente 50 mm por debajo de la superficie de la capa. La densidad promedio correspondiente a la lectura del densímetro nuclear y no deberá ser inferior al 96% de la DTLA.

### **Agua**

Los requerimientos químicos del agua para preparar la mezcla del concreto serán establecidos con base en la norma ASTM C 1602, ASTM D 512 y ASTM D 516.

### **Cemento**

El cemento a utilizar será Yura tipo IP alta durabilidad el cual cumple los requerimientos normativos ASTM C 595 y NTP 334.090.

### **Aditivo**

Para el diseño de mezcla del CCR se empleará el aditivo Plastiment CCR Plus; es un aditivo retardante - plastificante , el cual tiene las siguientes características:

- Prolongar el tiempo de fragua de la mezcla del CCR, contribuyendo aminorar la multiplicación de juntas frías a través de las capas de CCR.
- Ayuda a disminuir hasta en 12 % el agua durante el amasado del CCR.
- Afianza la mezcla conservando las propiedades de la misma a su vez incrementando la resistencia final de CCR.
- Se aconseja utilizar para diversos climas y para diferentes diseños que requieran de poco o mucho material cementante de acuerdo al proceso constructivo que se requiera en obra.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

**Tipo de investigación:** Es un estudio experimental debido que este proyecto de investigación |se altera la variable independiente con el objetivo de analizar el efecto que causa sobre la variable dependiente de acuerdo a lo argumentado en el libro metodología de la investigación (SAMPIERI, y otros, 2014).

### **3.2 Variables y operacionalización**

Tabla 5. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 5. Matriz de Operacionalización de variables Título: Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa “Vizcachas”, Moquegua							
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	
Variable 1, dependiente Cuerpo de presa	De acuerdo a la Comisión Internacional de Grandes Presas CIGB / ICOLD, lo define como presa una estructura que es capaz de embalsar no menos de 3 millones de metros cúbicos, así mismo debe tener una altura no menor de 10 metros de altura..	El cuerpo de presa, es la estructura hidráulica hecha de concreto en donde está a contacto con el agua que es embalsada una vez puesta en funcionamiento, por encima de esta escurre el vertedero de la presa.	Características de la presa	●Geometría de la presa	●Ficha de recolección de datos ●Observación ●Análisis documentario	●Especificaciones del proyecto	
			Procedimiento de colocación del CCR	●Preparación y transporte del CCR			●Ficha de recolección de datos ●Observación ●Análisis documentario
				●Control de la mezcla de CCR en la conformación			
Variable 2, Independiente Concreto compactado con rodillo (CCR)	De acuerdo al comité 207 del ACI en su informe (Hormigón en masa compactado con rodillo, 2011) lo define como un concreto sin asentamiento en condición no endurecida puede soportar un rodillo mientras es compactada. El CCR es comúnmente la mezcla es dosificado de forma continua y es transportada, conformada y compactada empleando equipos de movimiento de tierras y enrocado.	El concreto compactado con rodillo es denominado también CCR, es una combinación de grava con arena, teniendo una granulometría controlada a la que se añade cemento portland y posiblemente adiciones con puzolanas. Los materiales se mezclan con agua hasta obtener una masa de consistencia húmeda que se pueda transportar con bandas o volquetes, extender con buldócer, y compactar con un rodillo vibratorio.	Propiedades físicas de los agregados	●Granulometría	●Ficha de recolección de datos ●Observación ●Análisis documentario	●Equipos de mecánica de suelo y concreto	
				●Contenido de Humedad			
				●Peso específico			
				●Peso unitario compactado y suelto			
				●Ensayo de Abrasión			
				●Determinación de partículas chatas y alargadas			
			Diseño de mezcla concreto CCR	●Combinación de los agregados	●Ficha de recolección de datos ●Observación ●Análisis documentario		
				●Relación A/C (en estado SSS)			
			Propiedades mecánicas de la mezcla de concreto compactado con rodillo (CCR)	●Consistencia Vebe	●Equipos de mecánica de suelo y concreto		
				●Peso Unitario de la mezcla			
●Resistencia a la compresión simple							
	●Resistencia a la compresión diametral	●Ficha de recolección de datos ●Observación ●Análisis documentario					
	●Determinación del módulo de elasticidad						

Fuente: elaboración propia

### 3.3 Población, muestra y muestreo

#### Población

Debe estar marcada según la calidad del contenido, cantidad, tiempo u otros parámetros que se ha establecido en los objetivos del estudio (Sampieri, 2014, 6° edición, p.174).

#### Muestra

Representa una porción o fragmento representativo de la población cuyo objetivo es analizar todos los componentes de toda la población de estudio (Marradi, 2007, p.87).

#### Muestreo

El muestreo es una técnica que se aplica a una determinada población, en el método de muestreo no probabilístico la muestra es elegida por el investigador de forma intencionado según su punto de vista y razón (Bisquerra, 2004 p. 145).

Tabla 7. Muestra para la caracterización de los agregados

CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS											
ITEMS	DISEÑOS	GRANULOMETRÍA ASTM C 136	CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM C 566	DETERMINACIÓN DEL FINO QUE PASA LA MALLA #200 ASTM C 117	PESO UNITARIO ASTM C 29	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN ASTM C127 / ASTM C128	DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS ASTM D 4791	ABRASIÓN MÁQUINA LOS ANGELES ASTM C 131	EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D 2419	LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318	TOTAL
1	Grava 1 (¾"-¾")	1	1	1	1	1	1	1	-	1	8
2	Grava 2 (2"-¾")	1	1	1	1	1	1	1	-	-	7
3	Arena (¾"-0.0")	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
	Total	3	3	3	3	3	3	3	1	2	24

Fuente: elaboración propia



### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas**

Entre las técnicas utilizadas tenemos:

**-Observación directa:** Se realizará inspección visual a las normativas vigentes a utilizar, así mismo a todas las propiedades físicas de los agregados como a la mezcla de diseño de CCR.

**-Ficha de recolección de datos:** Son los registros que se emplearán para recolectar los datos obtenidos de las caracterizaciones de los agregados y de las propiedades del diseño de mezcla del CCR realizados en laboratorio.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Para la recolectar los datos e información se va utilizar los siguientes equipos de medición y ensayo:

Equipos topográficos: Estación total, nivel automático y GPS.

Equipos de ensayos para concreto:

Tabla 10. Listado de equipos de laboratorio

N°	NOMBRE DE EQUIPO	ALCANCE / RANGO DE OPERACIÓN	Cantidad
1	HORNO ELÉCTRICO	200 Lt	2
2	BALANZA 30000g	Cap. Max. 30Kg, d=1g	2
3	BALANZA 500 Kg	Cap. Max. 500kg	1
4	BALANZA ELECTRONICA DE 4100 Gr x 0.01gr.	Cap. Max. 4100g, d=0.01g	2
5	BALANZA ELECTRONICA DE 60 Kg x 2gr.	Cap. Max. 60Kg, d=2g	1
6	Medidor de aire incorporado	7 Lt	1
7	Vernier o pie de rey Analógico	0 mm a 300 mm	1
8	Vernier o pie de rey Digital	0 mm a 300 mm	1
9	Termómetro Digital	-50°C a 200°C	2
10	Termómetro Digital Infrarrojo con Puntero Láser	-50 + 600 °C	1
11	Prensa de compresión 2000 kn	2000 KN	1
12	Densímetro Nuclear	1100 a 2700 Kg/m3	1
13	Monitor de Radiación Tipo Geiger Muller	0 a 1,000 $\mu$ sv/hr	1
14	PENETROMETRO		1
15	Cronómetro digital	9 h 59 min 59.99 Seg.	2
16	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA 3"	MALLA 3" (75mm)	1
17	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA 2"	MALLA 2" (50mm)	1
18	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA 1 1/2"	MALLA 1 1/2" (37.5mm)	1
19	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA 1"	MALLA 1" (25mm)	1
20	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA 3/4"	MALLA 3/4" (19mm)	1
21	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA 3/4"	MALLA 3/4" (19mm)	1
22	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA 1/2"	MALLA 1/2" (12.5mm)	1
23	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA 3/8"	MALLA 3/8" (9.5mm)	1
24	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA 1/4"	MALLA 1/4" (6.3mm)	1
25	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA N°4	MALLA N°4 (4.75mm)	1

N°	NOMBRE DE EQUIPO	ALCANCE / RANGO DE OPERACIÓN	Cantidad
27	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA N°10	MALLA N°10 (2.0mm)	1
28	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA N°16	MALLA N°16 (1.18mm)	1
29	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA N°20	MALLA N°20 (850mic)	1
30	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA N°30	MALLA N°30 (600mic)	1
31	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA N°30	MALLA N°30 (600mic)	1
32	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA N°40	MALLA N°40 (425mic)	1
33	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA N°50	MALLA N°50 (300 $\mu$ m)	1
34	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA N°60	MALLA N°60 (250mic)	1
35	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA N°80	MALLA N°80 (180 $\mu$ m)	1
36	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA N°100	MALLA N°100 (150 $\mu$ m)	1
37	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA N°200	MALLA N°200 (75mic)	1
38	TAMIZ DIAMETRO 8" MALLA N° 200 PARA LAVADO	MALLA N°200 (75mic)	2
39	TAMIZ DIAMETRO 12" MALLA 3"	MALLA 3" (75mm)	1
40	TAMIZ DIAMETRO 12" MALLA 2 1/2"	MALLA 2 1/2" (62.5mm)	1
41	TAMIZ DIAMETRO 12" MALLA 2 "	MALLA 2" (50mm)	1
42	TAMIZ DIAMETRO 12" MALLA 1 1/2"	MALLA 1 1/2" (37.5mm)	1
43	TAMIZ DIAMETRO 12" MALLA 1"	MALLA 1" (25mm)	1
44	TAMIZ DIAMETRO 12" MALLA 3/4"	MALLA 3/4" (19mm)	1
45	TAMIZ DIAMETRO 12" MALLA 1/2"	MALLA 1/2" (12.5mm)	1
46	TAMIZ DIAMETRO 12" MALLA 3/8"	MALLA 3/8" (9.5mm)	1
47	TAMIZ DIAMETRO 12" MALLA 1/4"	MALLA 1/4" (6.3mm)	1
48	TAMIZ DIAMETRO 12" MALLA N°4	MALLA N°4 (4.75mm)	1
49	Mezcladora de concreto eje vertical de 300 LTS	300 Lts	1
50	Martillo apisonador		1
51	Consistómetro VeBe		1

Fuente: elaboración propia

### 3.5 Procedimientos

Para este proyecto de investigación se basará de acuerdo al siguiente esquema.

Tesis de diseño de mezcla de concreto compactado con rodillo CCR



### 3.6 Métodos de análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizará estadísticas y gráficos, donde se incluirá la desviación estándar con respecto a las propiedades físicas de los agregados como las combinaciones de las mismas, así mismo se va a realizar una estadística sobre los parámetros obtenidos en el diseño de mezcla.

### 3.7 Aspectos éticos

Este proyecto de investigación es elaborado y a su vez son basados según los cimientos de valores, honestidad, veracidad y autenticidad del investigador del cual sigue los alineamientos de acuerdo a la resolución de consejo universitario N° 0126-2017-UCV, p.12.

## **IV. RESULTADOS**

## 4.1. Recopilación de información

### Trabajo de campo

Después de ejecutar todas las investigaciones complementarias necesarias para la definición de la cantera Pelluta producido con la chancadora primaria y secundaria, obteniendo tres tipos de agregados por separado, (arena de  $\frac{1}{4}$ " – 0", grava de  $\frac{3}{4}$ " –  $\frac{1}{4}$ " y grava de 2" –  $\frac{3}{4}$ ") que serán combinados hasta obtener una gradación conveniente para el diseño de mezcla del CCR con una consistencia VeBe al entorno de 25 y 35 segundos.

Figura 7



### Agregados

Se emplearon los siguientes agregados procesados en la Chancadora Pelluta:

- Arena chancada de  $\frac{1}{4}$ " – 0.0" procesado con la chancadora secundaria, (denominado como arena).
- Grava chancada de  $\frac{3}{4}$ " –  $\frac{1}{4}$ " procesado con la chancadora secundaria (denominado como grava 1).
- Grava chancada de 2" –  $\frac{3}{4}$ " procesado con la chancadora secundaria (denominado como grava 2).

- las combinaciones de agregados serán de acuerdo a la siguiente gradación:  
Tabla 10. Gradación de granulometría de la combinación de agregado para CCR

TAMIZ ASTM		Porcentaje que pasa el Tamiz (en peso, lavado)	
ABERT. Pulg.	ABERT. mm	ESPECIFICACIÓN	
		MÍNIMO	MÁXIMO
2 1/2"	63.500	100	100
2"	50.800	99	100
1 1/2"	38.100	96	100
1"	25.400	78	90
3/4"	19.050	66	79
3/8"	9.525	49	61
Nº 4	4.760	38	48
Nº 8	2.360	28	38
Nº 16	1.190	21	30
Nº 30	0.600	15	23
Nº 50	0.300	10	16
Nº 100	0.150	7	12
Nº 200	0.074	4	7

Fuente: elaboración propia

- Debido que no se tiene establecido una gradación específica indicada en alguna normativa, se ha previsto utilizar las experiencias de otros proyectos como por ejemplo lo indicado en la tabla 3.2 de la ACI 207.5R-11.

Figura 8

12

REPORT ON ROLLER-COMPACTED MASS CONCRETE (ACI 207.5R-11)

Table 3.2—Combined aggregate gradings for RCC from various projects in U.S.

Sieve size	Willow Creek	Upper Stillwater	Christian Siegrist	Zintel Canyon	Stagecoach	Elk Creek
4 in. (100 mm)	—	—	—	—	—	—
3 in. (75 mm)	100	—	—	—	—	100
2.5 in. (62 mm)	—	—	—	100	—	96
2 in. (50 mm)	90	100	—	98	100	86
1.5 in. (37.5 mm)	80	95	100	91	95	76
1 in. (25 mm)	62	—	99	77	82	64
3/4 in. (19 mm)	54	66	91	70	69	58
3/8 in. (9.5 mm)	42	45	60	50	52	51
No. 4 (4.75 mm)	30	35	49	39	40	41
No. 8 (2.36 mm)	23	26	38	25	32	34
No. 16 (1.18 mm)	17	21	23	18	25	31
No. 30 (0.60 mm)	13	17	14	15	15	21
No. 50 (0.30 mm)	9	10	10	12	10	15
No. 100 (0.15 mm)	7	2	6	11	8	10
No. 200 (75 µm)	5	0	5	9	5	7
C + P, lb/yd <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	80 + 32 (47 + 19)	134 + 291 (80 + 173)	100 + 70 (59 + 42)	125 + 0 (74 + 0)	120 + 130 (71 + 77)	118 + 56 (70 + 33)
Total fines*, %	20	21	19	21	—	21
Workability	Poor	Excellent	Excellent	Excellent	Good	Excellent

\*Total fines = all materials in full mixture with particle size smaller than No. 200 (75 µm) sieve.

## Propiedades físicas de la Arena

### a) Granulometría del agregado fino

La realización del ensayo granulométrico fue basada de acuerdo a la norma ASTM C 136, la arena empleada para el diseño de mezcla no tiene gradación específica, sin embargo, se toma como referencias a proyectos anteriores y se ha previsto para este proyecto una arena de tamaño máximo 1/4", el % que pasa el tamiz No. 200 obtenida de la arena para el diseño de mezcla es de 16.1% y un módulo de finura de 2.66 %.

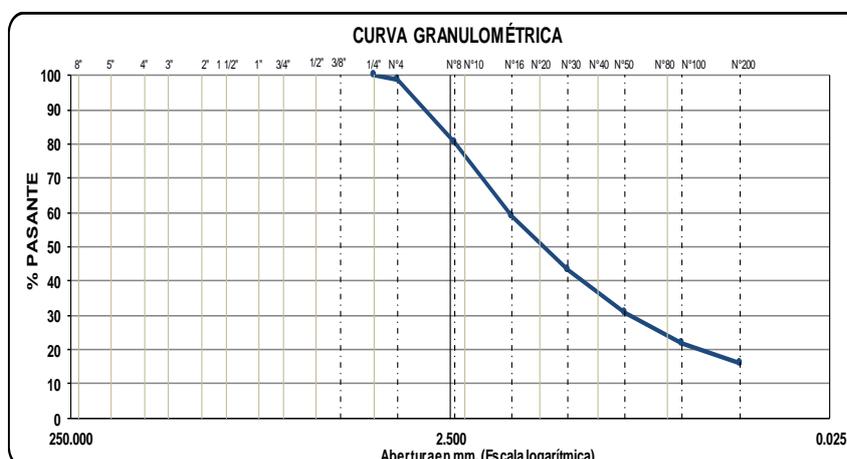
Para el diseño de mezcla se ha provisto la siguiente granulometría:

Tabla 11. granulometría de la arena para CCR

TAMIZ ASTM	ABERTURA. mm	PESO RETENIDO	RETENIDO %	RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA
3/8"	9.525	0	0	0	100
1/4"	6.35	0	0	0	100
Nº 4	4.76	13.5	1.5	1.5	98.5
Nº 8	2.36	166.9	18.2	19.6	80.4
Nº 10	2.089		0.0		
Nº 16	1.19	197.1	21.5	41.1	58.9
Nº 20	0.85	0.0	0.0		
Nº 30	0.6	143.4	15.6	56.7	43.3
Nº 40	0.42		0.0		
Nº 50	0.3	114.1	12.4	69.2	30.8
Nº 80	0.18	0.0	0.0		
Nº 100	0.15	83.7	9.1	78.3	21.7
Nº 200	0.074	51.8	5.6	83.9	16.1
< Nº 200		147.7	16.1	100.0	0.0

Fuente: elaboración propia

Gráfico. 1 Curva granulométrica de la arena para CCR



Fuente: elaboración propia

### b) Contenido de Humedad del agregado fino

La realización del ensayo del contenido de humedad natural de la arena para el CCR se realizó cumpliendo con los lineamientos de la norma ASTM C 566. La arena empleada para el diseño de mezcla obtuvimos un contenido de humedad de 3.8%.

Figura 9

Fuente, elaboración propia



Cuarteo de material para contenido de humedad natural

### c) Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Para la realización de los ensayos densidad aparente (peso unitario) y vacíos en el agregado fino se realizó según lo establecido en la norma ASTM C 29/C 29M, obteniendo así un valor de 1708 kg/m<sup>3</sup> de peso unitario compactado y 1520 kg/m<sup>3</sup> de peso unitario suelto.

Figura 10

Fuente, elaboración propia



Peso unitario del agregado fino

### d) Peso específico y absorción del agregado fino

Para la determinación de peso específico de la arena y absorción el ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C 128, obteniendo así un peso específico en estado SSS de 2.698 gr/cm<sup>3</sup> con una absorción de 1.287%.

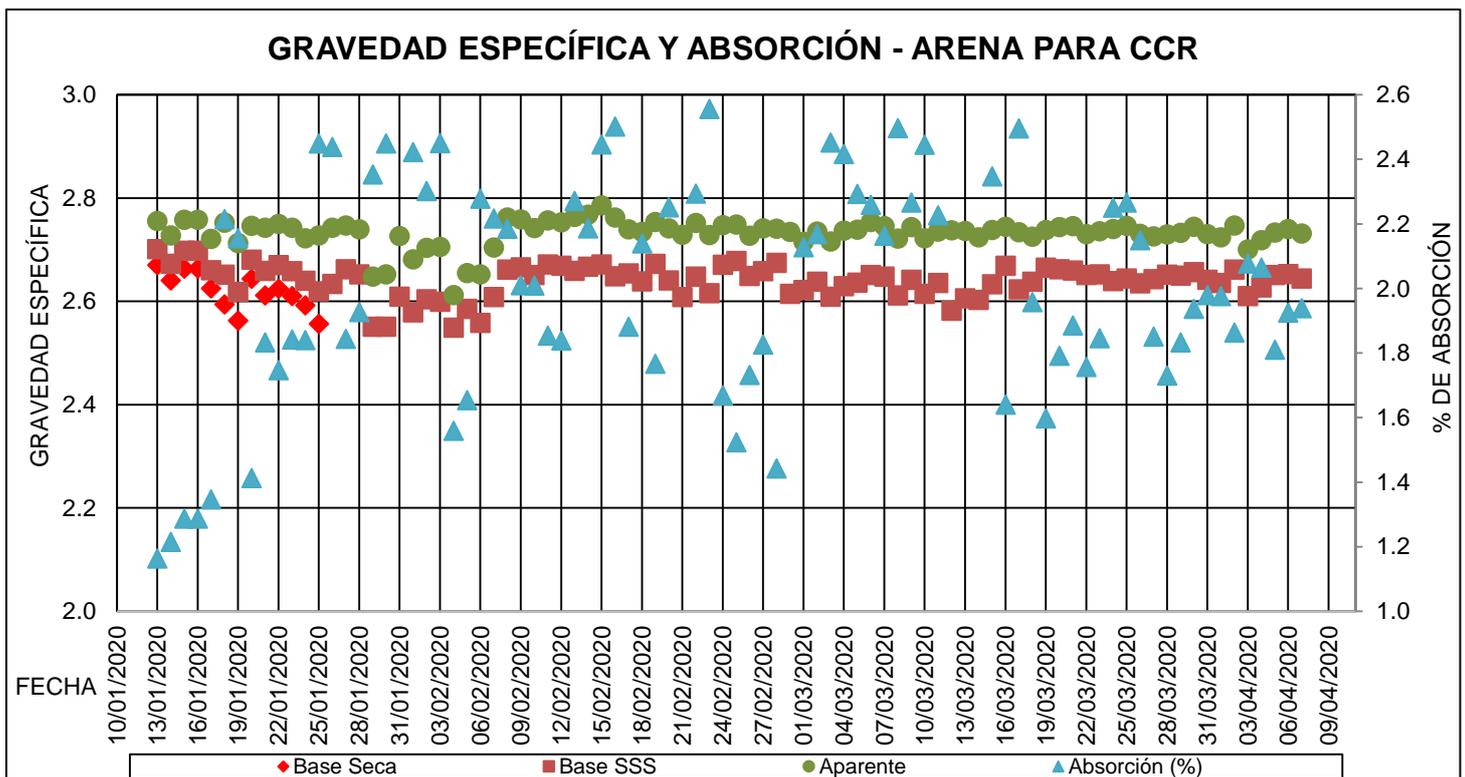
Figura 11



Fuente, elaboración propia

Peso específico de la arena para CCR

Gráfico. 2 Gravedad específica y absorción de la producción de arena



### e) Límites Atterberg

Para la determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del agregado fino el ensayo fue realizado de acuerdo la norma ASTM D 4318 y cuyo resultado obtenido son: límite líquido de 19 % y el índice de plasticidad no tiene.

Figura 12



Fuente, elaboración propia

Determinación de los límites atterberg de la arena para CCR

### f) Equivalente de arena

Para la determinación del equivalente de arena del agregado fino obtuvimos un valor de 57% cuyo ensayo fue realizado de acuerdo la norma ASTM D 2419.

Figura 13



Fuente, elaboración propia

Determinación de equivalente de arena de la arena para CCR

## Propiedades físicas del agregado grueso

Figura 14



Cuarteo del agregado grueso para CCR

### a) Granulometría del agregado

La ejecución del ensayo granulométrico fue realizada de acuerdo a la norma ASTM C 136, la grava chancada de  $\frac{3}{4}$ " –  $\frac{1}{4}$ " procesado con la chancadora secundaria (denominado como grava 1) y esto cumple con la gradación huso # 67 de la tabla N°2 de la norma ASTM C33 con un módulo de finura de 7.65% y un porcentaje de material fino que pasa el tamiz # 200 de 0.9%, sin embargo, la grava chancada de  $2$ " –  $\frac{3}{4}$ " se tiene una gradación sacada a base de las experiencias de otros proyectos adecuándolo a este proyecto de investigación con un módulo de finura de 6.51% y un porcentaje de material fino que pasa el tamiz # 200 de 0.6%.

Figura 15

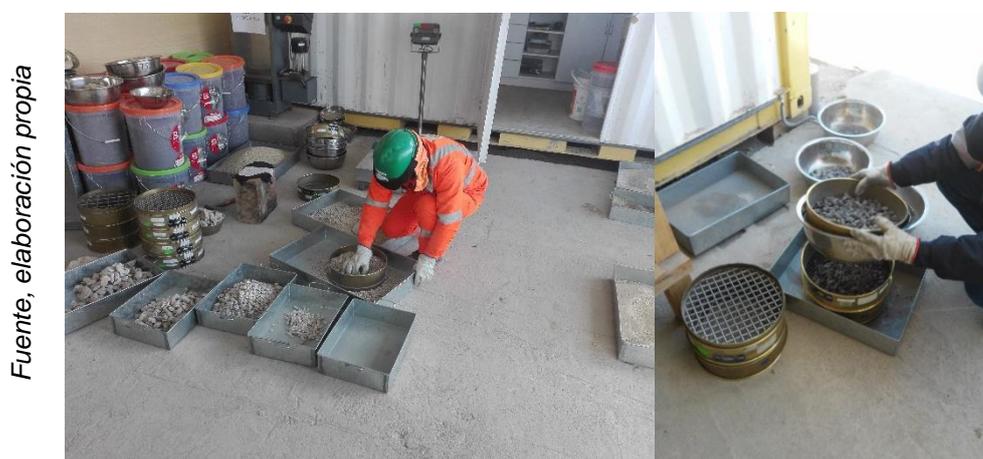
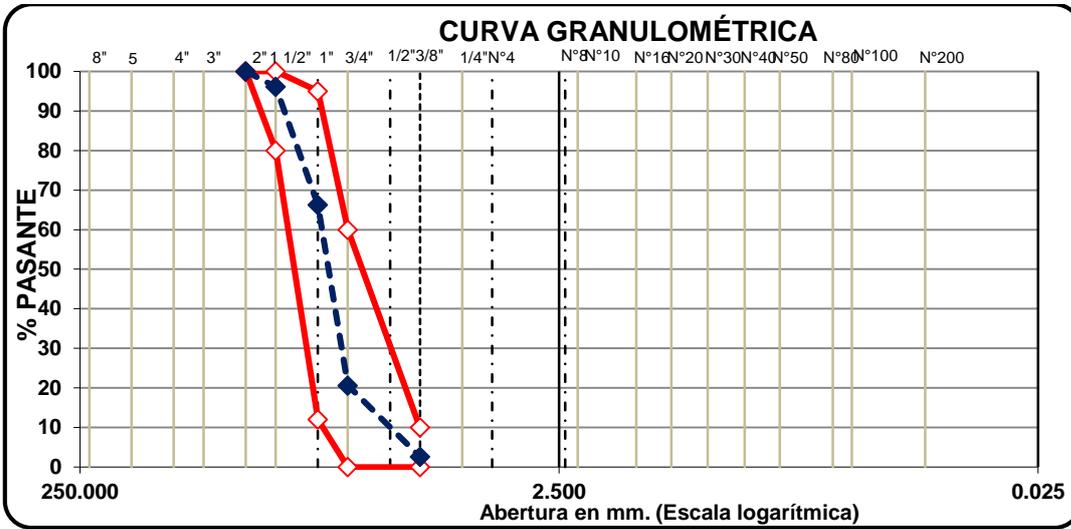
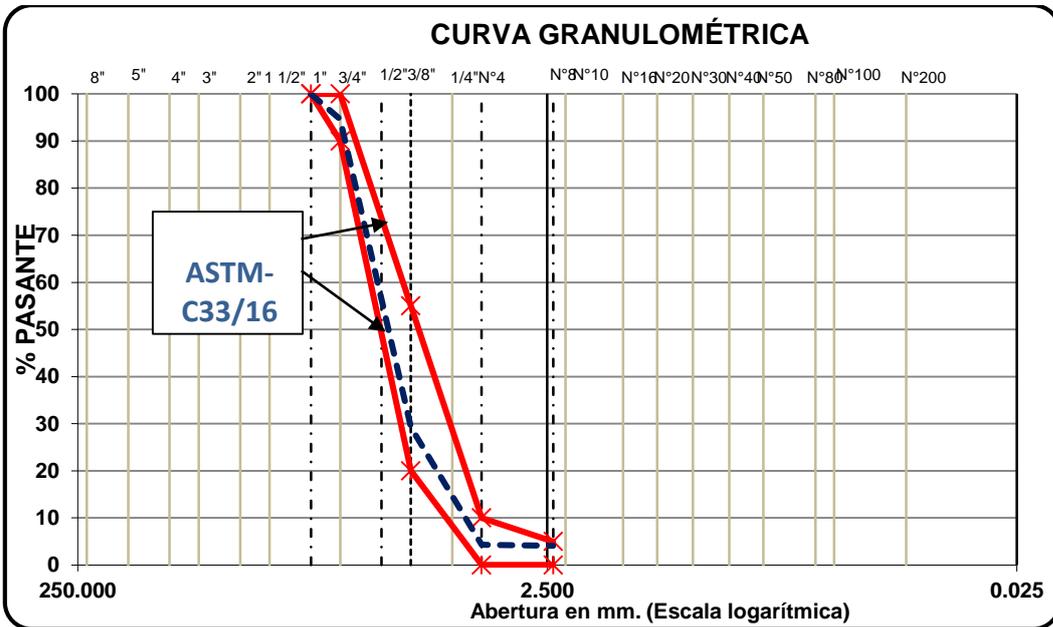


Gráfico. 3 Curva granulométrica de grava de 3/4" – 1/4"



Fuente: elaboración propia

Gráfico. 4 Curva granulométrica de grava de 3/4" – 1/4"



Fuente: elaboración propia

b) Peso unitario del agregado grueso

La determinación del ensayo del peso unitario del agregado grueso fue realizada de acuerdo a la norma ASTM C 29, para la grava 1 ( $\frac{3}{4}$ " –  $\frac{1}{4}$ " ) se obtuvo un PUS de 1361 kg/m<sup>3</sup> y un PUC de 1469 kg/m<sup>3</sup>, con respecto a la grava 2 (2" –  $\frac{3}{4}$ " ) se obtuvo un PUS de 1367 kg/m<sup>3</sup> y un PUC de 1508 kg/m<sup>3</sup>

Figura 16



Fuente, elaboración propia

Peso unitario del agregado grueso

### c) Peso específico y absorción del agregado grueso

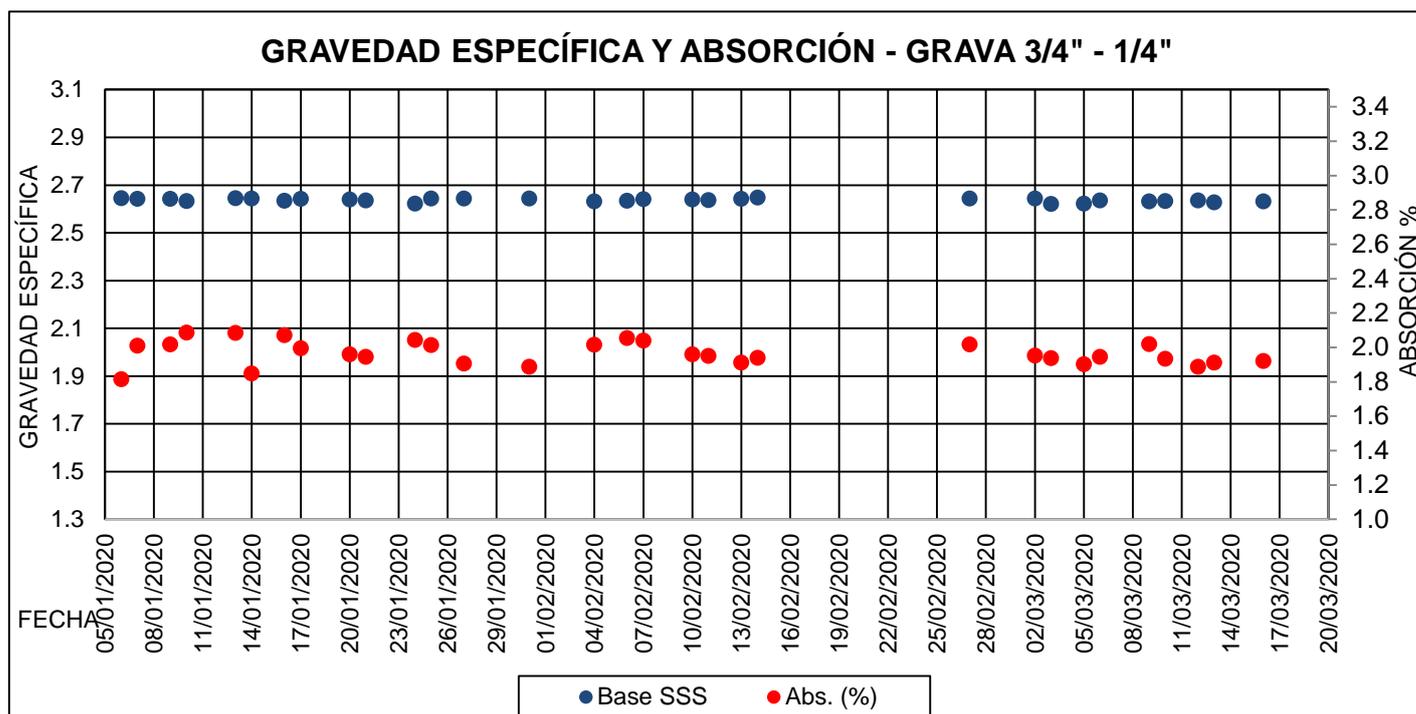
Para la determinación de peso específico y absorción del agregado grueso el ensayo se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C 127, obteniendo así para la grava 1 ( $\frac{3}{4}$ " –  $\frac{1}{4}$ " ) 2.665 gr/cm<sup>3</sup> con un % de absorción de 1.509 y para la grava 2 (2" –  $\frac{3}{4}$ " ) 2.655 gr/cm<sup>3</sup> con 1.658% de absorción.

Tabla 12. Peso específico y absorción de Grava 1 ( $\frac{3}{4}$ " –  $\frac{1}{4}$ " )

AGREGADO GRUESO		ASTM C127 - 15			
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	3201.0	3468.0		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	1999.0	2168.0		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	1202.0	1300.0		
D	Peso material seco en estufa (105°C)(gr)	3152.0	3418.0		
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (gr)	1153.0	1250.0		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.622	2.629		2.626
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.663	2.668		2.665
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.734	2.734		2.734
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	1.55	1.46		1.509

Fuente: elaboración propia

Gráfico. 5 Gravedad específica y absorción de la producción de grava 1



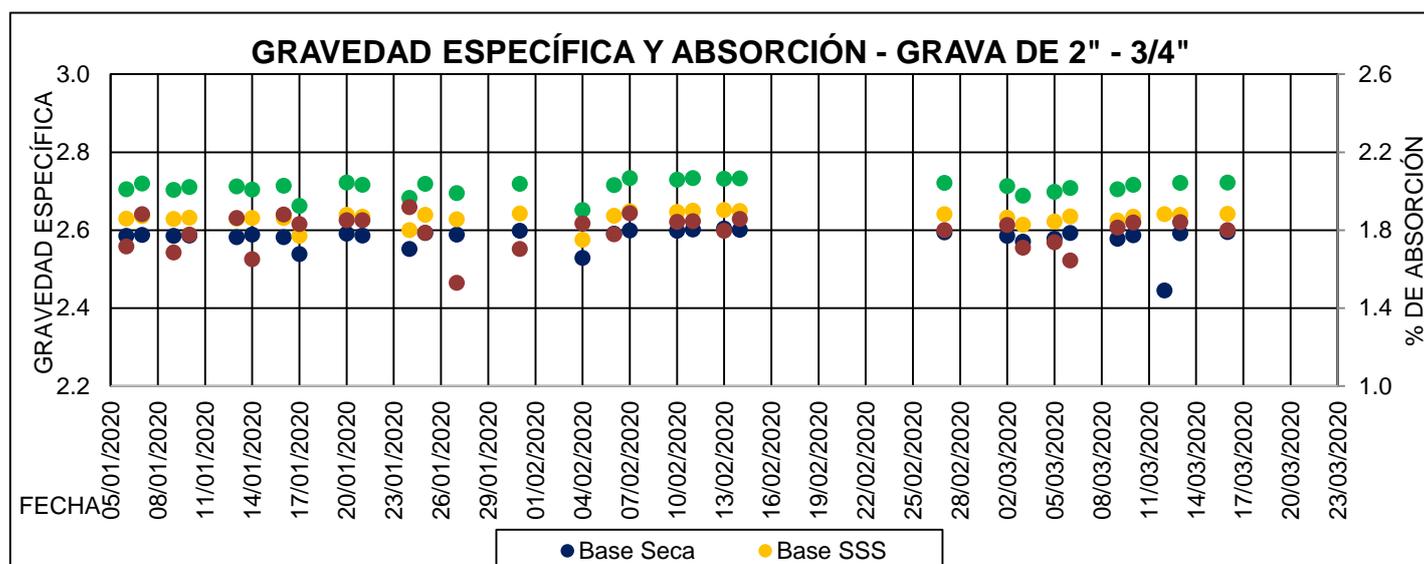
Fuente: elaboración propia

Tabla 13. Peso específico y absorción de Grava 2 (2" – 3/4")

AGREGADO GRUESO		ASTM C127 - 15		
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	5363.0	5244.0	
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	3342.0	3270.0	
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	2021.0	1974.0	
D	Peso material seco en estufa (105°C)(gr)	5274.0	5160.0	
E	Vol. de masa = C - ( A - D ) (gr)	1932.0	1890.0	PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.610	2.614	2.612
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.654	2.657	2.655
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.730	2.730	2.730
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	1.7	1.6	1.658

Fuente: elaboración propia

Gráfico. 6 Gravedad específica y absorción de la producción de grava 2



Fuente: elaboración propia

#### d) Resistencia a la abrasión o desgaste de la grava

Para la determinación del ensayo de abrasión por máquina de los Ángeles de las gravas se realizó de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C 131 en donde la Grava 1 ( $\frac{3}{4}'' - \frac{1}{4}''$ ) tiene 15.7% de desgaste y la Grava 2 ( $2'' - \frac{3}{4}''$ ) tiene 14.2% de desgaste.

Tabla 14. Resistencia al desgaste de Grava 1 ( $\frac{3}{4}'' - \frac{1}{4}''$ )

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones						
	1	2	3	A	B	C	D
3" - 2 1/2"							
2 1/2" - 2"							
2" - 1 1/2"							
1 1/2" - 1"							
1" - 3/4"							
3/4" - 1/2"					2503.0		
1/2" - 3/8"					2505.0		
3/8" - N°4							
N°4 - N°8							
Peso Total					5008.0		
(%) Retenido en la malla N° 12					4222.0		
(%) Que pasa en la malla N° 12					786.0		
N° de esferas					11		
Peso de las esferas (gr)					5000 ± 25		
% Desgaste					15.7%		

Fuente: elaboración propia

Tabla 15. Resistencia al desgaste de Grava 2 ( $2'' - \frac{3}{4}''$ )

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones						
	1	2	3	A	B	C	D
3" - 2 1/2"							
2 1/2" - 2"							
2" - 1 1/2"							
1 1/2" - 1"			5008.0				
1" - 3/4"			5008.0				
3/4" - 1/2"							
1/2" - 3/8"							
3/8" - N°4							
N°4 - N°8							
Peso Total			10016.0				
(%) Retenido en la malla N° 12			8593.0				
(%) Que pasa en la malla N° 12			1423.0				
N° de esferas			12				
Peso de las esferas (gr)			5002 ± 25				
% Desgaste			14.2%				

Fuente: elaboración propia

### Combinación de los agregados

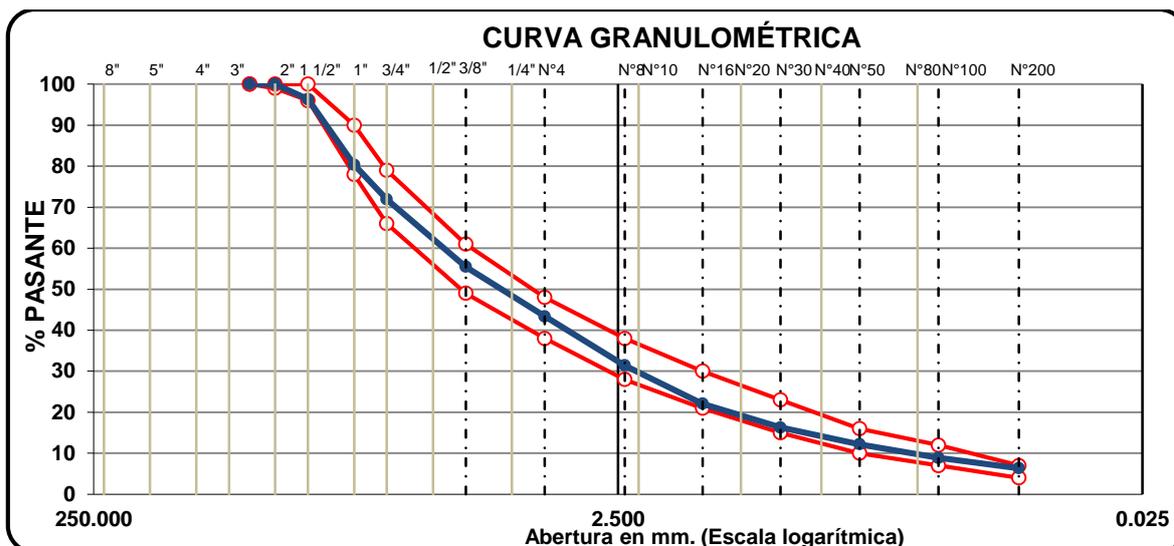
Antes de proceder en analizar los de manera combinada se procede a definir de manera teórica el porcentaje de agregados que la combinación de los agregados cumpla con la gradación exigida para el proyecto. Para ello se ha definido una combinación de la siguiente manera 42% de arena + 28% de grava 1 y 30% de grava 2, como resultado tenemos los siguiente:

Tabla 16. Granulometría combina de diseño de mezcla de CCR

TAMIZ ASTM	ABERT. mm	PESO RETENIDO	RETENIDO %	RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	
						MÍNIMO	MÁXIMO
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	99	100
1 1/2"	38.100	734.0	3.7	3.7	96.3	96	100
1"	25.400	3196.0	16.0	19.7	80.4	78	90
3/4"	19.050	1688.0	8.4	28.1	71.9	66	79
3/8"	9.525	1261.0	6.3	44.5	55.5	49	61
N° 4	4.760	2429.0	12.1	56.7	43.4	38	48
N° 8	2.360	310.1	11.9	68.6	31.4	28	38
N° 16	1.190	241.4	9.3	77.9	22.1	21	30
N° 30	0.600	150.8	5.8	83.7	16.3	15	23
N° 50	0.300	106.4	4.1	87.8	12.2	10	16
N° 100	0.150	86.1	3.3	91.1	8.9	7	12
N° 200	0.074	65.5	2.5	93.7	6.3	4	7
< N° 200		164.7	6.3	100.0	0.0		

Fuente: elaboración propia

Gráfico. 8 Huso granulométrico combinado de CCR



Fuente: elaboración propia

## Cemento

Se empleó cemento Yura Portland tipo IP (especificado para El Proyecto), confirmando que este cemento cumple los requerimientos normativos ASTM C 595 y NTP 334.090, la densidad del cemento es 2.81gr/cm<sup>3</sup>.

<u>REQUERIMIENTOS QUIMICOS:</u>	YURA	ASTM C 595 NTP 334.090
Óxido de Magnesio, MgO, %	1,87	6.00 Máximo
Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub> , %	1,93	4.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	2,43	5.00 Máximo
 <u>REQUERIMIENTOS FISICOS:</u>		
Peso Específico, g/cm <sup>3</sup>	2,80	No Especifica
Expansión en Autoclave, %	-0,05	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fraguado (Inicial)	201	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	263	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	4,60	12.00 Máximo
Superficie Especifica Blaine, cm <sup>2</sup> /gr	5098	No Especifica
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kgf/cm <sup>2</sup> )		Mínimo :
01 día	9,64 (98)	No Especifica
03 días	19,01 (194)	13,0 (133)
07 días	23,24 (237)	20,0 (204)
28 días	31,16 (318)	25,0 (255)

Fuente: elaboración propia

## Agua

El agua utilizada cumple con lo requerido en la Norma NTP 339.088 y ASTM C1602, esta es proveniente de la poza Vizcachas.

Tabla 17. Resumen de ensayos de agua de poza Vizcachas

RESUMEN DE ENSAYOS AGUA POZA VIZCACHAS					
NORMA	CRITERIO DE ACEPTACIÓN NTP 339.008 / ASTM C 1606		RESULTADOS	CUMPLE	COMENTARIOS
	Mínimo	máximo			
IQ 1008	-	500	5	SI	-
IQ 1006	5.5	8	70	SI	-
IQ 0266	-	1000	41.6	SI	-
ASTM D512	-	1000	10.4	SI	-
ASTM D526	-	600	70.43	SI	-

Fuente: elaboración propia

## Aditivo

Para el diseño de mezcla del CCR se empleará el aditivo Plastiment CCR Plus; es un aditivo retardante – plastificante cuya densidad es 1.32 +/- 0.02 kg/L. de apariencia de color marrón claro a marrón oscuro, se recomienda usar de 0.5% a 2.0% del peso del cemento.

## 4.2. Diseño de mezcla de concreto compactado con rodillo (CCR)

Para el diseño de mezcla se siguió las recomendaciones del ACI211.3R, como criterio de diseño deberá cumplir lo siguiente:

- Suministrar la resistencia adecuada para cumplir con los requerimientos estructurales de diseño y durabilidad.
- Minimizar el incremento adiabático de temperatura por hidratación del cemento y subsecuentemente los esfuerzos térmicos y el potencial de agrietamiento.
- Obtener una mezcla práctica con una determinada consistencia que sea fácilmente compactable y permita la construcción de la presa.
- La consistencia se medirá por medio de un consistómetro VB modificado, según la norma ASTM C 1170, método A. El tiempo VB3 promedio así determinado para esta mezcla deberá estar comprendido entre 20 y 25 segundos. Igualmente, la mezcla diseñada deberá cumplir con que la densidad obtenida con método de compactación de acuerdo a la norma ASTM C 1435.
- La densidad promedio "in situ" del CCR después de su compactado no será menor a 96% de la Densidad Teórica Libre de Aire (DTLA).
- Obtener una mezcla económica.

Se realizó el diseño para una consistencia VeBe al entorno de 25 y 35 segundos, utilizando como agregados el material de la cantera Pelluta, producido con la chancadora primaria y secundaria, obteniendo tres tipos de agregados por separado, (arena de  $\frac{1}{4}$ " – 0", grava de  $\frac{3}{4}$ " –  $\frac{1}{4}$ " y grava de 2" –  $\frac{3}{4}$ "). La resistencia de diseño a 90 días es de 14 MPa, pero a 180 días deberá alcanzar 16.7 MPa.

Se tomaron 24 muestras cilíndricas para ensayar a compresión, tracción indirecta y módulo de elasticidad a edades de 3, 7, 14, 28, 56, 90 y 180 días, también ha curado acelerado (365 días).

Se realizaron 4 diseños de mezcla para el CCR con distintas cantidades de cemento de 120, 130, 140 y 150 kg de cemento por m<sup>3</sup>, el porcentaje de los agregados fueron las mismas para todos los diseños, el porcentaje de aditivo plastificante CCR Plus PE de Sika aditivos es de 1.5% del peso del cemento

utilizado este valor fue definido despues de hacer varias dosificaciones hasta llegar lo requerido para nuestro proyecto.

Tabla 18. Log de diseño de concreto compactado con rodillo CCR

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		LOG. DE DISEÑO DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (CCR)																				
ITEM	CODIGO DE DISEÑO	f <sub>c</sub> CONCRETO (MPa)	DESCRIPCIÓN	CEMENTO (Kg.)	AGUA (Lt.)	a/c	AREN A (%)	Grava 1 (¾"-¼") (%)	Grava 2 (2"-¾") (%)	PESO UNITARIO (Kg/m <sup>3</sup> )	DTLA (Kg/m <sup>3</sup> )	Pasta (%)	CONS. VB (seg)	AIRE (%)	ROTURAS PROBETAS (MPa)							
															3 días	7 días	14 días	28 días	56 días	90 días	180 días	Acelerado
1	DCCR-140-1	14 (90 días)	CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO	120	145	1.21	42	28	30	2410	2459	25.63	25	1.3	1.3	6.0	6.8	9.0	14.3	15.6	18.1	20.9
2	DCCR-140-2	14 (90 días)	CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO	130	145	1.12	42	28	30	2410	2462	25.97	27	1.5	2.1	7.6	9.0	10.8	16.8	19.3	22.0	26.1
3	DCCR-140-3	14 (90 días)	CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO	140	145	1.04	42	28	30	2436	2471	26.31	29	1.4	2.8	8.1	10.1	12.1	18.3	21.5	24.3	30.4
4	DCCR-140-4	14 (90 días)	CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO	150	135	0.90	42	28	30	2428	2454	25.72	28	1.4	3.4	7.6	10.6	11.0	18.5	21.6	24.2	28.5

Fuente: elaboración propia

Después de obtener los resultados y analizarlos podemos concluir que el diseño de mezcla con código DCCR-140-03 tiene un peso unitario más alto que las otras propuestas, en cuanto a resistencia es casi similar al diseño DCCR-140-4 a 90 días, sin embargo la resistencia estimado a 360 días por el método de curado acelerado nos brinda una resistencia mayor por lo que se ha tomado como referencia para la presente tesis.

### Propiedades del diseño DCCR-140-03

Se detalla el parámetro de agregados e insumos utilizados en el diseño de mezcla de CCR.

Tabla 19. Granulometría y proporción de áridos

Granulometría y Proporción de Áridos									
Malla	Abertura mm	Combinado	T.máx	T.med	T.mín	Arena (¾"-0.0")	Arena fina	Grava 1 (¾"-¼")	Grava 2 (2"-¾")
3"	76.00	100	100	100.0	100	100.0	100.0	100.0	100.0
2 ½"	63.00	100	100	100.0	100	100.0	100.0	100.0	100.0
2"	51.00	100	99	99.5	100	100.0	100.0	100.0	100.0
1 ½"	38.00	99	96	98.0	100	100.0	100.0	100.0	96.1
1"	25.00	90	78	84.0	90	100.0	100.0	100.0	66.2
¾"	20.00	75	66	72.5	79	100.0	100.0	94.7	20.6
⅜"	9.52	51	49	55.0	61	100.0	100.0	29.3	2.6
# 4	4.75	43	38	43.0	48	98.5	100.0	4.3	0.0
# 8	2.36	35	28	33.0	38	80.4	100.0	4.1	0.0
# 16	1.18	25	21	25.5	30	58.9	100.0	0.0	0.0
# 30	0.60	18	15	19.0	23	43.3	100.0	0.0	0.0
# 50	0.30	13	10	13.0	16	30.8	100.0	0.0	0.0
# 100	0.15	9	7	9.5	12	21.7	100.0	0.0	0.0
# 200	0.075	<b>7.2</b>	4	5.5	7	16.1	100.0	0.90	0.60
						<b>42.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>28.00%</b>	<b>30.0%</b>

Fuente: elaboración propia

## Gravas y arenas

Se emplearon los siguientes agregados procesados en la Chancadora Pelluta:

- Arena chancada de  $\frac{1}{4}$ " – 0.0" procesado con la chancadora secundaria, (denominado como arena)
- Grava chancada de  $\frac{3}{4}$ " –  $\frac{1}{4}$ " procesado con la chancadora secundaria (denominado como grava 1)
- Grava chancada de 2" –  $\frac{3}{4}$ " procesado con la chancadora secundaria (denominado como grava 2)

Gráfico. 9 Huso granulométrico combinado de CCR

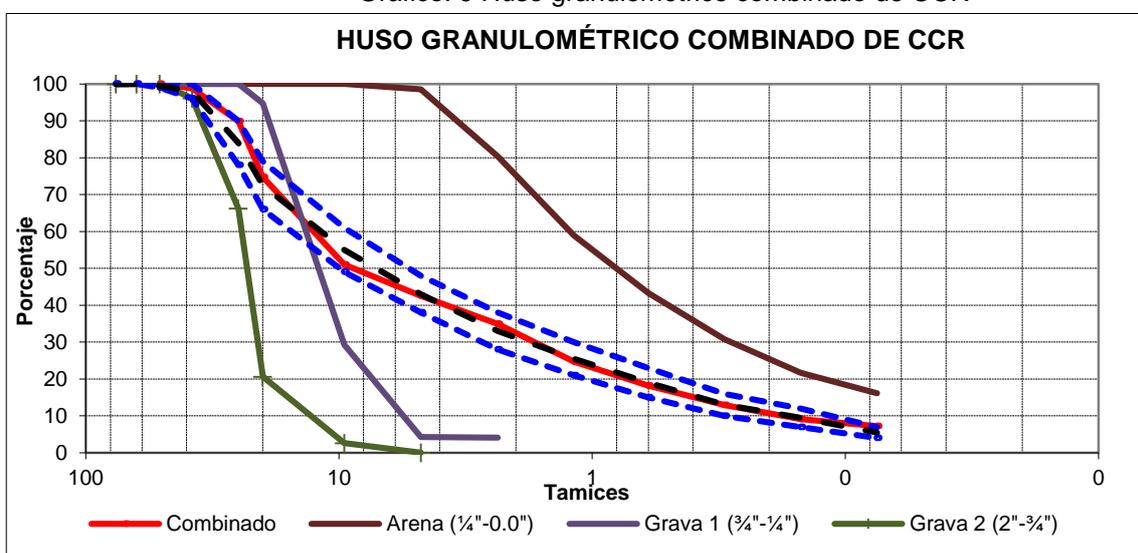


Figura 18



Peso de los agregados para CCR en estado SSS

A continuación, el resumen de los parámetros básicos de los agregados:

Tabla 20. Características físicas de los agregados

MATERIAL	TM	MF	PUS (kg/cm <sup>3</sup> )	PUC (kg/cm <sup>3</sup> )	GE (SSS) (gr./cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)
Arena	¼"	2.66	1520	1708	2.698	1.287
Grava 1	1"	6.51	1361	1469	2.665	1.509
Grava 2	2"	7.65	1367	1508	2.655	1.658

Fuente: elaboración propia

Tabla 21. Características físicas del aditivo

Características físicas de aditivos	
Nombre	Plastiment CCR Plus
Densidad (g/m)	1.32
Dosis (%)	1.50

Fuente: elaboración propia

Tabla 22. Características físicas del cemento

Características físicas del cemento	
Cemento Yura	Tipo IP
Dens. (g/cm <sup>3</sup> )	2.81

Fuente: elaboración propia

Tabla 23. Características físicas de los áridos

Características	Propiedades físicas de los áridos		
	Tamaño		
	Arena (¼"-0.0")	Grava 1 (¾"-¼")	Grava 2 (2"-¾")
Densidad SSS (g/cm <sup>3</sup> )	2.698	2.665	2.655
Absorción (%)	1.287	1.509	1.658
Humedad (%)	4.14	1.62	0.40
Factor de H (%)	2.853	0.111	-1.258

Fuente: elaboración propia

Figura 19

Fuente, elaboración propia



Mezcla de CCR

Tabla 24. Dosificación de diseño de mezcla

Dosificación de Diseño de Mezcla							
Diseño	Seco	SSS	Volumen	Corrección	Corregido	0.074	Unidad
<u>Materiales</u>	<u>kg/m3</u>	<u>kg/m3</u>	<u>l/m3</u>	<u>l/m3</u>	<u>kg/m3</u>	<u>74 litros</u>	
Cemento	140	140	50		<b>140</b>	10.360	kilos
Arena (¼"-0.0")	881	892	331	25	<b>917</b>	67.855	kilos
Arena fina	0	0	0	0	<b>0</b>	0.000	kilos
Grava 1 (¾"-¼")	586	595	223	1	<b>595</b>	44.045	kilos
Grava 2 (2"-¾")	627	637	240	-8	<b>629</b>	46.557	kilos
Agua	176	145	145		<b>127.11</b>	9.406	litros
Plastiment CCR Plus	2.10	2.10	1.59		<b>2.10</b>	0.155	kilos
Aditivo 2	0.00	0.00	0.00		<b>0.00</b>	0.000	kilos
Aditivo 3	0.00	0.00	0.00		<b>0.000</b>	0.000	kilos
Vol. Pasta			206				
Vol. Aire			10				
Aridos		2123.42	793.59				
<b>PESO TOTAL</b>	<b>2411</b>	<b>2411</b>	<b>1000</b>	<b>18</b>	<b>2411</b>		

Fuente: elaboración propia

## Propiedades del CCR en estado fresco

Se detalla resultado de las propiedades del CCR en estado fresco del diseño de mezcla de CCR con una relaciónn de agua cemneto de 1.04 utilizando 140 kg / m3.

Tabla 25. Característica del CCR en estado fresco

CARACTERISTICAS DEL CCR EN ESTADO FRESCO							
TEMP. (°C)		CONSISTENCIA	CONTENIDO DE	P.U. Teórico	P.U. Real	RENDIMIENTO	Pasta
Amb.	Concr.	(seg)	Aire (%)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	Vol.	(%)
22.4	12.7	29	1.4	2411	2436	1.01	26.31

Fuente: elaboración propia

Figura 20

Fuente, elaboración propia



Determinación de la consistencia Vebe

Tabla 26. Determinación de las propiedades del concreto en estado fresco

<b>PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>RESULTADOS MUESTRA 1</b>	<b>PORCENTAJE DE COMPACTACION</b>
Peso del recipiente + muestra	(kg)	<b>20.555</b>	
Peso del recipiente	(kg)	3.371	
Peso de la muestra	(kg)	17.184	
Volumen del recipiente	(m <sup>3</sup> )	7.054	(P.U.M./ P.U.T)x100
Peso unitario real	(kg/m <sup>3</sup> )	2436	101.06
Contenido de Aire	(%)	<b>1.4</b>	
DTLA	(kg/m <sup>3</sup> )	2471	
<b>CONSISTENCIA VeBe</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>RESULTADOS MUESTRA 1</b>	<b>RESULTADOS MUESTRA 2</b>
Hora de muestreo	(hrs)	<b>10:10</b>	
Tiempo VeBe	(s)	<b>29</b>	
Temperatura ambiente	(°C)	<b>22.4</b>	
Temperatura del CCR	(°C)	<b>12.7</b>	
<b>PESO UNITARIO (Equipo VeBe)</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>RESULTADOS MUESTRA 1</b>	<b>PORCENTAJE DE COMPACTACION</b>
Peso del recipiente + muestra	(kg)	<b>21.994</b>	(Peso Unitario VeBe/P.U.T.)x100
Peso del recipiente	(kg)	8.504	100.26
Volumen de la olla	(cm <sup>3</sup> )	9.025	
Peso de la muestra	(kg)	13.490	
Volumen del agua	(cm <sup>3</sup> )	<b>3.443</b>	
Volumen real	(cm <sup>3</sup> )	5.582	
Peso unitario real	(kg/m <sup>3</sup> )	2417	

Fuente: elaboración propia

Figura 21

Fuente, elaboración propia



Ensayo para obtener el peso unitario y contenido de aire en la mezcla

Figura 22

Fuente, elaboración propia



Elaboración de probetas de concreto CCR

## Propiedades del CCR en estado endurecido

Se detalla resultado de las propiedades del CCR en endurecido como la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y módulo de elasticidad del concreto.

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa):

Tabla 27. Resumen de resistencia a la compresión del CCR

EDAD	Promedio 3d (MPa)	Promedio 7d (MPa)	Promedio 14d (MPa)	Promedio 28d (MPa)	Promedio 56d (MPa)	Promedio 90d (MPa)	Promedio 180d (MPa)	Promedio 365d (MPa)
M - 1	2.8	8.1	10.1	12.1	18.3	21.5	24.3	30.4
M - 2								
	20%	58%	72%	87%	131%	153%	173%	217%

Fuente: elaboración propia

### RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (MPa):

Tabla 28. Resumen de resistencia a la tracción del CCR

EDAD	Promedio 3d (MPa)	Promedio 7d (MPa)	Promedio 14d (MPa)	Promedio 28d (MPa)	Promedio 56d (MPa)	Promedio 90d (MPa)	Promedio 180d (MPa)	Promedio 365d (MPa)
M - 1	0.42	1.11	1.21	1.82	2.33	2.30	2.62	3.58

Figura 23



Fuente, elaboración propia

Resistencia a la tracción por compresión diametral del CCR

**MÓDULO DE ELASTICIDAD DE CCR**

Tabla 29. Resumen de módulo de elasticidad del CCR

INDIVIDUAL 3 DIAS (GPa)				INDIVIDUAL 7 DIAS (GPa)				INDIVIDUAL 14 DIAS (GPa)				INDIVIDUAL 28 DIAS (GPa)			
25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
6.20	3.54	2.85	2.27	7.91	7.07	5.34	2.05	9.41	7.86	5.59	2.19	5.80	4.92	3.50	2.28

INDIVIDUAL 56 DIAS (GPa)				INDIVIDUAL 90 DIAS (GPa)				INDIVIDUAL 180 DIAS (GPa)				INDIVIDUAL 365 DIAS (GPa)			
25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
6.86	6.14	4.73	2.92	13.06	11.73	8.80	2.98	15.65	12.60	8.55	3.08	12.21	10.10	8.72	7.21

Fuente: elaboración propia

Figura 24

Fuente, elaboración propia



Determinación de módulo de elasticidad de CCR

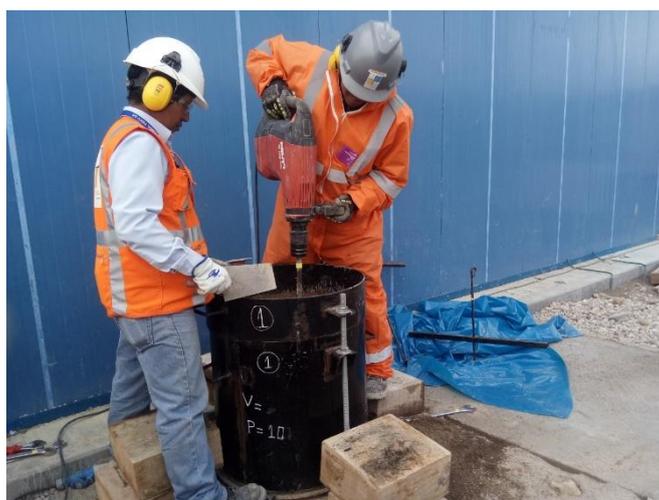
## Determinación de la densidad con el densímetro nuclear

La densidad será verificada mediante densímetro nuclear según ASTM C 1040 cuyas lecturas con el densímetro deberán ser tomadas en la parte inferior de la capa, parte media y aproximadamente 50 mm por debajo de la superficie de la capa. Para este proyecto se está considerando una densidad no menor de 96% de la DTLA.

Para determinar la densidad después de la compactación se debe calibrar el densímetro nuclear de una sonda para ello se debe preparar un molde cilíndrico de acero muy rígido, de tamaño mínimo de 700 mm de diámetro x 600 mm de profundidad, con base plana rígida. Este se utilizará para la calibración del densímetro nuclear con el CCR. La superficie superior debe estar abierta y tener la misma profundidad alrededor del perímetro a la base. La parte superior debe ser lisa. Se debe proporcionar un método para levantar y pesar el cilindro lleno de CCR compactado incluyendo la base inferior. En volumen y peso exacto del cilindro vacío debe ser conocido, incluyendo su base inferior. Deberá estar provisto de un collar removible para facilitar la compactación de la última capa de CCR dentro del molde cilíndrico.

Figura 25

Fuente, elaboración propia



Elaboración de molde para calibración de densímetro nuclear.

Figura 26

Fuente, elaboración propia



Densímetro nuclear de una sonda de marca Troxler 3440 Plus.

Tabla 30. factor de corrección para densímetro nuclear compactación en laboratorio

Profundidad (mm)	Tiempo (seg.)																Resumen General de las 4 posiciones				Densidad húmeda promedio (kg/m³)	Contenido promedio de humedad (%)	FACTOR DE CORRECCIÓN
	15		60		15		60		15		60		15		60		15		60				
	NORTE		NORTE		SUR		SUR		ESTE		ESTE		OESTE		OESTE		15		60				
	Dens. Húmeda (kg/m³)	Cont. Húmeda d (%)	Dens. Húmeda (kg/m³)	Cont. Húmeda d (%)	Dens. Húmeda (kg/m³)	Cont. Húmeda d (%)	Dens. Húmeda (kg/m³)	Cont. Húmeda d (%)	Dens. Húmeda (kg/m³)	Cont. Húmeda d (%)	Dens. Húmeda (kg/m³)	Cont. Húmeda d (%)	Dens. Húmeda (kg/m³)	Cont. Húmeda d (%)	Dens. Húmeda (kg/m³)	Cont. Húmeda d (%)	Dens. Húmeda (kg/m³)	Cont. Húmeda d (%)	Dens. Húmeda (kg/m³)	Cont. Húmeda d (%)			
50	2373	7.3	2375	6.6	2360	6.4	2391	6.2	2386	6.6	2376	6.4	2354	6.6	2388	6.3	2368	6.7	2383	6.4	2375	6.6	1.0225
100	2386	6.5	2393	6.5	2375	5.6	2384	6.5	2390	6.7	2373	6.2	2394	6.7	2385	6.2	2386	6.4	2384	6.4	2385	6.4	1.0184
150	2382	7.2	2370	6.7	2364	5.5	2389	6.2	2385	6.2	2370	6.4	2383	5.9	2400	6.1	2379	6.2	2382	6.4	2380	6.3	1.0204
200	2386	6.4	2391	6.2	2380	6.2	2398	6.4	2380	6.2	2368	6.6	2408	5.2	2416	6.0	2389	6.0	2393	6.3	2391	6.2	1.0159
250	2392	6.2	2411	6.3	2377	7.2	2412	6.2	2391	7.3	2385	6.5	2400	6.9	2395	6.2	2390	6.9	2401	6.3	2395	6.6	1.0140
300	2397	6.3	2399	6.4	2434	6.6	2395	6.4	2384	7.2	2378	6.6	2380	6.3	2409	6.6	2399	6.6	2395	6.5	2397	6.6	1.0133
																	Promedio Contenido de Humedad		6.5	6.4	6.4		

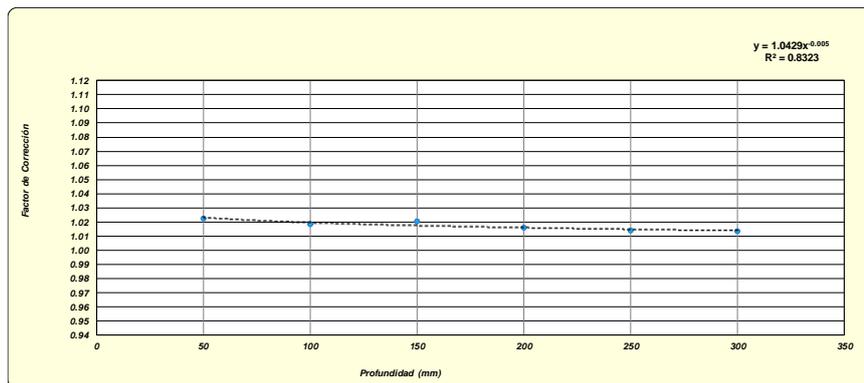
Densidad húmeda del bloque de concreto CCR (kg/m³) 2429

Molde 1	
Peso del Molde vacío (kg)	105.45
Volumen del Molde (m³)	0.1697
Peso del Molde lleno + Tara (kg)	517.63
Peso del Molde lleno (kg)	412.18
Densidad del CCR (kg/m³)	2429
% con respecto a DTLA	99.9%
Diferencia con objetivo (%)	0.1%

Valores Diseño de CCR	
Peso Unitario	2411
Contenido de aire (%)	1.8
DTLA	2455
Peso Unitario Objetivo 99 %	2431

FACTORES CORRECCIÓN	
Profundidad (mm)	Factor
50	1.02270
100	1.01916
150	1.01710
200	1.01563
250	1.01450
300	1.01358

Gráfico. 9 Factor de corrección para densímetro nuclear



Fuente: elaboración propia

Para evaluar mejor el comportamiento de la mezcla durante el proceso de elaboración, transporte, colocación y compactación se ha precisado realizar una cancha de prueba y así también evaluar el proceso de formación de juntas de construcción y la colocación del wáter stop entre otros. En la construcción de esta sección de prueba, se utilizarán los materiales, métodos y técnicas a ser utilizadas en la construcción de la presa de CCR, tales como el encofrado de las caras, la limpieza de las juntas, colocación, extendido, medición de la capa de CCR sin compactar compactación del CCR, pruebas de densidad del CCR, colocación de la mezcla de pega y del concreto de protección, instrumentación utilizando termómetros, determinación del índice de madurez de las juntas de construcción horizontales entre capas del CCR, entre otros.

El sistema de transporte y colocación del CCR desde la mezcladora hasta el sitio de colocación deberá involucrar la utilización de bandas transportadoras o volquetes. El CCR deberá ser colocado tan rápido como la práctica lo permita y con métodos que tengan control sobre la segregación, la contaminación y el secado.

La sección de la cancha de prueba es de 12 m x 25 m en 8 capas de CCR de 0.30 m de espesor.

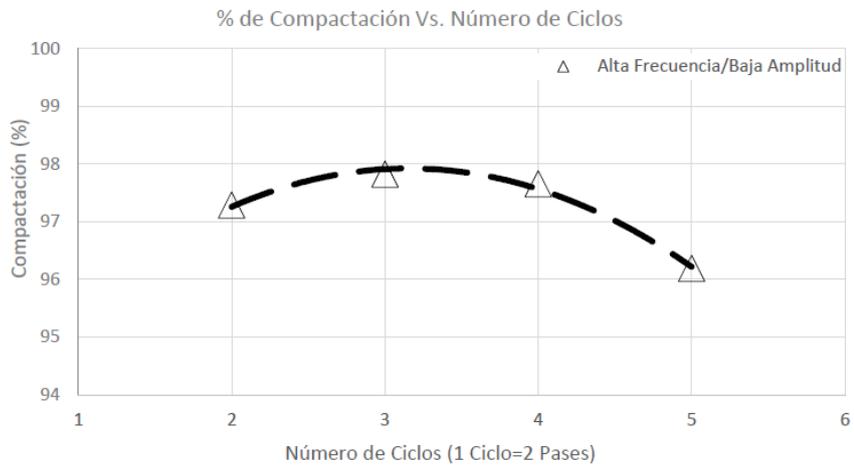
Figura 27

Fuente, elaboración propia



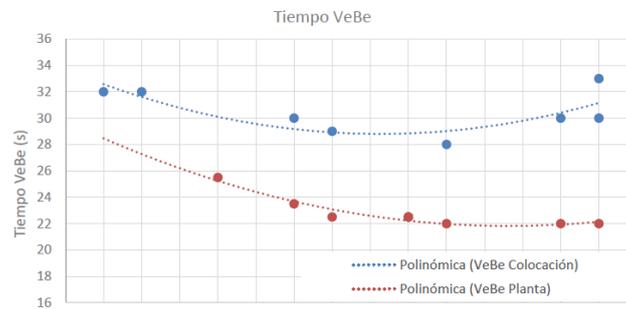
Proceso constructivo de CCR

Gráfico. 10 Curva de compactación cilindra de 16 Ton.



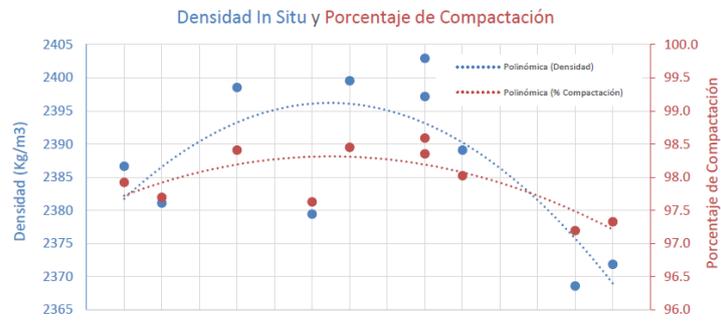
Fuente: elaboración propia

Gráfico. 11 Consistencia VeBe en Planta y Colocación



Fuente: elaboración propia

Gráfico. 12 Densidades In Situ Respecto a la D.T.L.A. (Densímetro Nuclear de Una Sonda)



Fuente: elaboración propia

## **V. DISCUCIONES**

### **Primera discusión**

En el estudio que realizó Hernández, 2018 quien realizó un diseño de mezcla de CCR con una adición de 100 kg/m<sup>3</sup> de cemento obteniendo una resistencia a la compresión de 120 MPa a 180 días, comparado con nuestros resultados el cual se añadió 140 kg/m<sup>3</sup> de cemento para obtener 24.3MPa a 180 días y 30.4 MPa a 365 días, se puede apreciar un aumento considerable de la resistencia del cual se puede dar como aceptable dicho diseño.

### **Segunda discusión**

De acuerdo con la investigación realizado por Saldaña, 2017 el cual realizó un diseño de mezcla de 280kg/cm<sup>2</sup> cuyo objetivo fue realizar un comparativo para determinar el tiempo de vibrado con el martillo vibro compactador en donde concluye el tiempo de vibrado óptimo de 15 segundos, a comparación con nuestro diseño también se pudo determinar el mismo tiempo para el vibrado en la obtención de testigos cilíndricos de 6"x6".

### **Tercera discusión**

Según Escalaya & Alva 2011, realizaron un diseño de concreto compactado con rodillo utilizando la filosofía de suelos, para desarrollar el diseño se basó en la relación de humedad-densidad siendo el contenido de humedad óptima la variable que determina la resistencia final del concreto CCR, comparando nuestro diseño el cual fue realizado según la filosofía de concreto siguiendo el alineamiento de la norma ACI 207.5R-11 Report on Roller-Compacted Mass Concrete del cual se puede concluir que este método es más efectivo ya que para cumplir con la velocidad de construcción que se requiere en proyecto, la etapa de la definición del diseño marca un hito para diseñar, desarrollar y controlar el concreto CCR en obra, siendo el principal variable la calidad del agregado y la proximidad de la misma hacia la obra, el control de calidad en todos sus procesos forma parte fundamental para obtener un buen desempeño en la mezcla de CCR durante la elaboración, transporte, extendido, compactación, comportamiento y cuidado del concreto CCR.

## **VI. CONCLUSIONES**

### **Primera conclusión**

El concreto fue desarrollado siguiendo las recomendaciones de la norma ACI 207.5R-11 Report on Roller-Compacted Mass Concrete, respetando las características indicadas, obteniéndose una mezcla trabajable que cumple con todas las propiedades del CCR en estado fresco y endurecido para obtener un diseño de mezcla de concreto compactado con rodillo (CCR) de 14 MPa de resistencia a 90 días. El diseño tiene una apariencia y aceptación en laboratorio de acuerdo a lo requerido.

### **Segunda conclusión**

Las propiedades físicas para el presente diseño se consideró un contenido de pasante malla #200 en la arena de 16.1% y contenido de cemento de 140 kg/m<sup>3</sup>, con el fin de obtener la consistencia y resistencia requerida la arena representa el 42%, la grava 1 ( $\frac{3}{4}$ "- $\frac{1}{4}$ " ) representa 28% y la grava 2 (2"- $\frac{3}{4}$ " ) representa 30 % de la proporción de los áridos.

### **Tercera conclusión**

La variación de los pesos específicos de los áridos son las siguientes: para la arena tenemos una fluctuación entre 2.549 a 2.701 g/cm<sup>3</sup> con una absorción de 1.16%, para la grava 1 ( $\frac{3}{4}$ "- $\frac{1}{4}$ " ) el PE es de 2.575 a 2.696 g/cm<sup>3</sup> con una absorción de 1.2 a 2.6% y en caso de la grava 2 (2"- $\frac{3}{4}$ " ) 2.575 a 2.675 con una absorción de 1.16 a 2.48%.

### **Cuarta conclusión**

Las propiedades del concreto en estado fresco cómo la consistencia VeBe está en un rango de 25 a 35 segundos, obteniendo 29 segundos de acuerdo a lo esperado, con estos tiempos de consistencia se obtiene un buen desempeño en la mezcla de CCR, su extendido, compactación y comportamiento en campo es aceptable.

La cantidad de pasta está en el entorno de 26.3 %, con esta cantidad de pasta se obtuvo una buena aceptación en la consistencia VeBe y desempeño de la mezcla de CCR.

El contenido de aire en la mezcla es de 1.4% con un peso unitario de 2436 kg/m<sup>3</sup>, el DTLA es de 2471 kg/m<sup>3</sup> a una temperatura de ambiente de 22.4 °C y la temperatura de la mezcla es de 12.7°C.

#### **Quinta conclusión**

Se tomó la densidad de la mezcla de CCR compactada de la cancha de prueba cuyos resultados fueros superiores al 96% de la DTLA (densidad teórica libre de aire). También se determinó que con 4 ciclos de rodillo de 16 toneladas se llega a dicha densidad.

#### **Sexta conclusión**

Se muestreó 27 probetas cilíndricas para ser ensayados tres (3) cilindros a las siguientes edades de prueba: 3, 7, 14, 28, 56, 90 y 180 días más tres cilindros para el ensayo de curado acelerado (14 días). Esta serie de muestras se utilizó para determinar las curvas completas de la relación esfuerzo deformación para cada ensayo de compresión, con el reporte de los módulos secantes al 25%, 50%, 75% y 100% de la carga última. Además, se realizó ensayos de tensión indirecta a las mismas edades indicadas anteriormente, más el ensayo de curado acelerado.

#### **Séptima conclusión**

En la resistencia a la compresión simple se obtiene 21.5 MPa. a 90 días que representa el 153.6% del  $F_c$  del diseño sin embargo a curado acelerado la resistencia representada es de 30.4 MPa que equivale a 217%, en cuanto a la resistencia a la tracción por compresión diametral es de 2.3 MPa a 90 días. y en el caso del módulo de elasticidad es de 2.8 GPa.

#### **Octava conclusión**

Se realizaron 4 diseños de mezcla para el CCR con distintas cantidades de cemento de 120, 130, 140 y 150 kg de cemento por m<sup>3</sup>, la propuesta ideal cuyos resultados obtenido en cuanto al buen desempeño de la mezcla, buena apariencia

y mejor resistencia obtenida damos por concluido que el diseño con 140 Kg de cemento es la más ideal para nuestro proyecto, garantizando así la optimización del cemento.

#### **Novena conclusión**

Las pruebas de compactación efectuadas al CCR con el rodillo de 16 toneladas, indican que con tres ciclos (seis pases) dinámicos con frecuencia máxima y amplitud mínima se obtienen los máximos niveles de densidad en campo.

#### **Décima conclusión**

Del adecuado manejo de la Consistencia VeBe en la planta de mezclas depende ampliamente el buen desempeño de la masa del CCR y de sus juntas entre capas. En este orden de ideas los resultados obtenidos en el panel de prueba, un rango promedio de seis segundos de diferencia entre la Consistencia VeBe en la planta y la consistencia VeBe en Colocación parecería adecuado. Sin embargo, este rango se debe optimizar en función del avance en la curva de aprendizaje para la fabricación y la colocación del CCR en la Presa.

## **VII. RECOMENDACIONES**

### **Primera recomendación**

Evaluar la calidad de los agregados el cual dependerá de la viabilidad del diseño de mezcla de concreto ya que esto determinará el uso adecuado de la cantidad de material cementante.

### **Segunda recomendación**

Se recomienda evaluar la humedad de los agregados previos a la preparación de la mezcla de concreto, haciendo la corrección por humedad el cual varía y afecta directamente la relación agua/cemento (R w/c). Por lo tanto, la planta de concreto no deberá iniciar la producción sin haber recibido por parte de laboratorio el porcentaje de humedad actual de los agregados.

### **Tercera recomendación**

Los agregados deberán ser transportados y ubicados en la Planta de concreto, en donde deberán tener un estricto control de almacenamiento, evitando segregación y contaminación con partículas como el polvo, arcillas, etc. Así mismo, deberán ser descargados sobre una superficie limpia o cama de apoyo y de preferencia cubiertos con toldos impermeables.

### **Cuarta recomendación**

Los aditivos deberán ser almacenados correctamente, como lo especifica en su ficha técnica del proveedor, también se debe contar en la Planta con un equipo que pueda remover o recircular los aditivos y esto no se congele por las bajas temperaturas en caso de clima cálido tenerlo bajo techo y ventilado.

### **Quinta recomendación**

El porcentaje de pasante de la malla #200 en la mezcla es de 7.2%, hace que la mezcla no sea áspera se recomienda realizar pruebas de permeabilidad (lugeon) para comprobar la buena adherencia entre capas.

### **Sexta recomendación**

Para el muestreo de la mezcla de CCR se deberá realizar inmediatamente después de extender el material siendo transportado mediante envases sellados para evitar pérdida de humedad. Se recomienda que el laboratorio de obra se encuentre lo más cercano posible de la obra.

### **Séptima recomendación**

Se recomienda evaluar el tiempo prolongado de exposición del CCR sin compactación afecta considerablemente su sellado superficial, produciendo una textura abierta con gran cantidad de agregado suelto sobre la superficie, y obligando al empleo generalizado no previsto de un concreto de pega en toda la superficie de la capa al momento de conformar la siguiente capa de CCR.

### **Octava recomendación**

Realizar tratamientos superficiales cada capa terminada antes de iniciar la otra con el empleo de equipos disponibles en la obra para lograr la textura requerida.

### **Novena recomendación**

Para garantizar el correcto sellado superficial de las capas de CCR, se deberán minimizar los tiempos de espera entre la llegada del CCR al sitio y el inicio de su compactación, a valores inferiores a una hora.

### **Décima recomendación**

Es recomendable realizar incidencia de compactación de la mezcla de CCR para definir el tiempo de vida útil del concreto y así obtener la mezcla requerida para el proyecto.

## VIII. REFERENCIAS

- **ANDINA agencia peruana de noticias** [en línea] 11 de Noviembre de 2013. [Citado el: 10 de Septiembre de 2020.] <https://andina.pe/agencia/noticia-region-puno-puso-operatividad-tres-represas-inversion-s-14-millones-481990.aspx>.
- **Autoridad Nacional del Agua ANA. 2015.** Inventario de presas en el Perú. 2015.
- **BAÑOS, "et al".** Evaluación y comparación de la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto compactado con rodillo, utilizando para la elaboración de especímenes la mesa vibratoria de acuerdo a la norma ASTM C 1176 y el martillo vibro compactador de acuerdo a la norma ASTM 1435. Tesis (ingeniero civil). EL Salvador, Universidad de el salvador, facultad de ingeniería y arquitectura escuela de ingeniería civil, 2012.523pp.
- **BERNAL, Cesar.** Metodología de la investigación. Tercera edición. Pearson Educación, Colombia, 2010. Vol. 3° edición. 320pp. ISBN 84-7133-748-7
- **BISQUERRA.** Metodología de la investigación educativa. La Muralla, España, 2004. ISBN 978-958-699-128-5
- **BAYAGOO Khaled, Bamaga.** Construcción de presas de hormigón compactado con rodillos en regiones cálidas y áridas. Artículo científico. Arabia Saudita, Universidad de Bisha, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, 2019. 15pp.
- **REEDZA Assrul "et al".** Construcción de una presa de hormigón compactado con rodillos en Malasia: presa Batu Hampar. Artículo científico. Malasia, Shah Alam, Selangor, Universidad tecnológico de Mara, Facultad de ingeniería civil, Malasia, 2015. 6pp.
- **CURASI, David.** Diseño del concreto compactado con rodillo (CCR), para presas en la región de Puno. Tesis (Ingeniero agrícola). Universidad Nacional del Antiplano Puno, Facultad de ingeniería agrícola. 2016. 186pp.
- **ESCALAYA Mirian y ALVA Jorge.** Diseño de mezclas de concreto compactado con rodillo utilizado conceptos de compactación de suelos [en línea]. 1ª ed. Universidad Nacional de Ingeniería, facultad de ingeniería civil. Guzlop editoras, Lima, 2011.
- **DOMÍNGUEZ Serrano, Judith.** Evolución, situación actual y nuevos enfoques para dar viabilidad, Mexico. Gestión y Política Pública, 2019, Vol. 28. 35pp.
- **OROZCO, "et al".** Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón [en línea]. Revista Ingeniería de Construcción RIC, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2018, Vol. 33, 161-172pp.
- **HERNÁNDEZ Estefanía.** Presa y túnel para la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila. Tesis (Ingeniero civil). Arequipa, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, facultad de ingeniería civil, escuela profesional de ingeniería civil, 2018. 94 pp.

- **ROUISSAT, Bouchrit, SMAILL y ZENAGUI.** Importancia del uso de hormigón compactado con rodillo en tecnoeconomía investigación y diseño de pequeñas presas. Argelia : CrossMarrk, 2017, Short Research Communication, 8 pp.
- **Instituto americano de concreto Comité 207.** Informe sobre hormigón en masa compactado con rodillo. Instituto Americano de Concreto, Estados Unidos, 2011. 75pp. ISBN 978-0-87031-277-9
- **SOBREVILLA, Miguel de la Torre .** La seguridad de presas en el Perú, Comité peruano de grandes presas [en línea]. Lima, 2020. 60 pp.
- **MARRADI Alberto, ARCHENTI Nélide y PIOVANI Juan.** Metodología de las ciencias sociales. 1era ed, Buenos Aires, Emecé Editores, 2007. 328 pp. ISBN 97-7133-748-7
- **AngloAmerican.** Moquegua Construye Quellaveco [en línea]. Moquegua. 2020, Vol. 34. Disponible en <https://ciacomunica.com/b/119-la-presa-vizcachas>
- **OLIVEIRA, Fausto.** Presa Bicentenario utilizó concreto compactado por rodillos [en línea]. Concreto Latinoamericano, 2020. Disponible en <https://www.construccionlatinoamericana.com/noticias/presa-bicentenario-utilizo-concreto-compactado-por-rodillos/142210.article>
- **SALDAÑA, Piere.** Resistencia a la compresión de un concreto compactado con rodillo en diferentes tiempos de vibrado tesis (ingeniero civil). Cajamarca, Universidad privada del Norte, Facultad de ingeniería, 2017. 119 pp.
- **SAMPIERI "et al".** Metodología de la investigación. s.l. : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. Vol. 6. 496pp. ISBN 968-422-931-3
- **SÖĞÜT, Serdar.** Estado del arte en hormigón compacto con rodillos (RCC) presas: diseño y construcción tesis (maestro en ciencias). Turquía, Universidad técnica del Oriente Medio Este, departamento de ingeniería civil, 2014. 226 pp.
- **The New York Times. 2019.** [En línea] 13 de febrero de 2019. [Citado el: 09 de Septiembre de 2020.] <https://www.nytimes.com/es/2019/02/13/espanol/america-latina/brasil-presas-vale.html>.
- **VALENCIA, Edgar. 2013.** Consideraciones prácticas para el diseño de presas de concreto compactado con rodillo tesis (maestro en ciencia). Universidad Nacional autónoma de México, programa de maestría y doctorado en ingeniería civil, 2013. 212pp.
- **Revista de Obras públicas.** XXV Congreso Internacional de Grandes Presas Stavanger. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos , Noruega. Revista de obras pública ROP, 2016. 188 pp.

## **IX. ANEXOS**

## **Anexo 1. Matriz de consistencia**

## Anexo 1. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Título: Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa "Vizcachas", Moquegua						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
¿Cómo diseñar el concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas?	Determinar el diseño de mezcla de concreto compactado con rodillo (CCR) para el cuerpo de presa Vizcachas con una resistencia de 14 MPa a 90 días.	Diseñar la mezcla de concreto compactado con rodillo (CCR), en función al tiempo Vebe de 20 a 35 segundos y que alcance la resistencia requerida.	Cuerpo de presa	Características de la presa	Geometría de la presa	
				Procedimiento de colocación del CCR	Preparación y transporte del CCR	
					Control de la mezcla de CCR en la conformación	
Control de compactación						
<b>Problema específicos</b>	<b>Objetivo específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>				
¿Cuáles son las propiedades de los agregados para el diseño de mezcla del CCR?	Determinar las propiedades físicas requeridas para el diseño de mezcla CCR.	Existe relación sobre las propiedades de los agregados para el diseño.	Concreto compactado con rodillo (CCR)	Propiedades físicas de los agregados para el diseño de mezcla del CCR	Granulometría	Expediente técnico de proyecto
					Contenido de Humedad	
¿Cómo influye las variaciones de las propiedades físicas de los agregados para el diseño de mezcla del CCR?	Analizar la variación de las características del peso específico SSS y absorción del agregado a lo largo del tiempo de producción	El análisis de variación influirá en el diseño de concreto CCR	Concreto compactado con rodillo (CCR)	Análisis de variación de los agregados	Peso específico	Ficha técnica
					Peso unitario compactado y suelto	
¿Cuáles son las propiedades del diseño de mezcla del CCR en estado fresco?	Analizar las propiedades del CCR en estado fresco	El análisis de las propiedades del CCR en estado fresco permite mejorar la trabajabilidad de la mezcla.	Concreto compactado con rodillo (CCR)	Análisis de las propiedades del CCR en estado fresco	Ensayo de Abrasión - Durabilidad	Equipos de laboratorio
					Determinación de partículas chatas y alargadas	
¿De qué manera se relaciona las densidades del diseño de mezcla del CCR?	Analizar densidades del CCR determinadas con el densímetro nuclear de una sonda.	Existe incremento de densidad en diferente nivel de profundidad.	Concreto compactado con rodillo (CCR)	Análisis de densidades de la mezcla de CCR con Densímetro Nuclear.	Peso específico en SSS	
					Absorción del agregado	
¿Cuál es la relación de las resistencias a compresión, tensión indirecta y módulo de elasticidad de la mezcla de CCR?	Analizar las resistencias a compresión, tensión indirecta y módulo de elasticidad de la mezcla de CCR.	Existe relación significativa del CCR en estado endurecido	Concreto compactado con rodillo (CCR)	Análisis de las propiedades del CCR en estado endurecido	Peso Unitario de la mezcla	
					Contenido de aire	
¿Cuál es la dosificación ideal para el diseño mezcla de CCR de al presa Vizcachas?	Proponer la dosificación ideal para el diseño de mezcla del CCR de 14MPa 90 días	La propuesta cumple con los parámetros de diseño como la consistencia de 20 a 35 segundos y que alcance la resistencia	Concreto compactado con rodillo (CCR)	Propuesta de diseño de mezcla del CCR	Consistencia de la mezcla	
					Temperatura de la mezcla	
					Profundidad a 5 Cm.	
					Profundidad a 15 Cm.	
					Profundidad a 30 Cm.	
					Resistencia a la compresión simple	
					Resistencia a la compresión diametral	
					Determinación del módulo de elasticidad	
					Diseño de mezcla con 130 kg de cemento / m3	
					Diseño de mezcla con 140 kg de cemento / m3	
					Diseño de mezcla con 150 kg de cemento / m3	

## **Anexo 2. Caracterización de los agregados**



ENSAYO

K-CC1-101-QA-ENS-001B-0

CONTROL DE CALIDAD

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
NORMAS TÉCNICAS: ASTM C136M/14

06/04/18

Propietario : Anglo American Quellaveco

N° de Laboratorio: 1

Ubicación de Proyecto: Moquegua - Perú

N° de Muestra : MEP-LAB-CP-AG-001

Material : Grava Para CCR - HUSO 67 - Cantera Pelluta

Ensayado Por : Saul Ticse Tello

Ubicación de (Coordenadas) NORTE:

ESTE:

Fecha de Ensayo: 13/03/2019

COTA:

TAMIZ ASTM	ABERT. mm	PESO RETENIDO	RETENIDO %	RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	
						MÍNIMO	MÁXIMO
8"	228.600						
5"	152.400						
4"	101.600						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400				100.0	100	100
3/4"	19.050	293.0	5.3	5.3	94.7	90	100
1/2"	12.700	2466.0	44.9	50.2	49.8		
3/8"	9.525	1125.0	20.5	70.7	29.3	20	55
1/4"	6.350						
N° 4	4.760	1371.0	25.0	95.7	4.3	0	10
N° 8	2.360	10.6	0.2	95.9	4.1	0	5
N° 10	2.089						
N° 16	1.190						
N° 20	0.850						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420						
N° 50	0.300						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150						
N° 200	0.074	176.0	3.2	99.1	0.9		
< N° 200	FONDO	49.4	0.9	100.0	0.0		

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Procedencia:

Material procedente de Cantera Pelluta, procesado en Chancadora Ceci.  
CONFIGURACIÓN: PRIMARIA 3 1/2", SECUNDARIA 19mm, ZARANDA 1/4"-4.75mm.

Producción via seca

Muestreado por: Saul Ticse Tello

Fecha: 13/03/2019

Peso inicial seco: gr. 5491.0

Material Grueso > N° 4: gr. 5255.0

Material Fino < N° 4: gr. 236.0

Fracción Mat. Fino: gr. -

Humedad natural: % 1.2

Límite Líquido: % -

Límite Plástico: % -

Índice Plástico: % NP

% Grava: 95.7

% Arena: 0.2

% Fino:

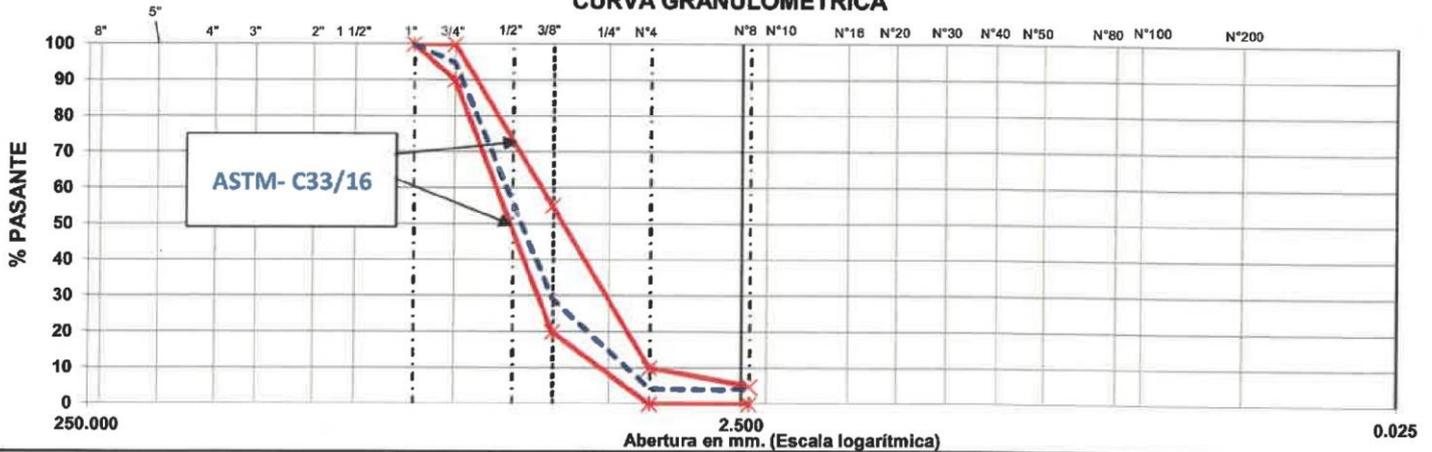
Clasificación (SUCS): -

Clasificación (AASHTO): -

Modulo De Fineza: 6.51

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



REVISADO POR:	LABORATORIO MOTA - ENGL
Nombre:	
Firma	<p>MOTA-ENGL PERU S.A. CONTRATO #1004-001-191 PERCY HINOJOSA BROCOS JEFE DE LABORATORIO</p>
Fecha (dd/mm/aa)	



**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**  
(NORMA ASTM C 566 -13)

K-CC1-101-QA-ENS-017-0

**CONTROL DE CALIDAD**

Fecha: 06.07.18

Propietario: Anglo American Quellaveco  
Ubicación de Proyecto: Moquegua - Perú  
Material: Grava Para CCR - HUSO 67 - Cantera Pelluta  
Ubicación (Coordenadas): NORTE: ESTE: COTA:  
Procedencia: Material procedente de Cantera Pelluta, procesado en Chancadora Ceci. CONFIGURACIÓN: PRIMARIA 3 1/2", SECUNDARIA 19mm, ZARANDA 1/4"-4.75mm.  
Muestreado por: Saul Ticse Tello

N° de Laboratorio: 1  
N° de Muestra: MEP-LAB-CP-AG-001  
Ensayado Por: Saul Ticse Tello  
Fecha: 13/03/2019

**DATOS DE LA MUESTRA**

ENSAYO		1			
N° TARRO		5-G			
PESO TARRO + MUESTRA HÚMEDA, Mcmh (g)		3,690.0			
PESO TARRO + MUESTRA SECA, Mcms (g)		3,652.0			
PESO DE AGUA, Mw (g)		38.0			
PESO DEL TARRO, Mc (g)		476.0			
PESO DE LA MUESTRA SECA, Ms (g)		3,176.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD, w = Mw*100/Ms (%)		1.2			

Procedimiento de secado:  
Horno:   
Cocina:

**Comentarios:**

REVISADO POR:	LABORATORIO MOTA - ENGI L
Nombre:	
Firma	 MOTA-ENGIL PERU S.A. CONTRATO #004/K-CC1-181 PERCY HINOJOSA BROCOS JEFE DE LABORATORIO
Fecha (dd/mm/aa)	



**ENSAYO**  
**CONTROL DE CALIDAD**  
**DENSIDAD APARENTE (PESO UNITARIO) Y VACIOS EN EL AGREGADO**  
**ASTM C 29/C 29M**

K-CC1-101-QA-ENS-014\_B  
Fecha : 10/06/2018

**Propietario** : Anglo American Quellaveco  
**Ubicación del Proyecto** : Moquegua - Perú  
**Material** : Grava Para CCR - HUSO 67 - Cantera Pelluta  
**Ubicación (Coordenadas):** NORTE= ESTE= COTA=  
**N° de Laboratorio** : 1  
**N° de Muestra** : MEP-LAB-CP-AG-001  
**Ensayado Por** : Saul Ticse Tello  
**Fecha de Ensayo** : 13/03/2019

Condiciones de Secado: Horno Eléctrico digital con Termostato Temperatura de Secado de Muestra en Horno: <b>110 °C</b>	<b>Datos de la Muestra :</b> Procedencia: . Material procedente de Cantera Pelluta, procesado en Chancadora Ceci. CONFIGURACIÓN: PRIMARIA 3 1/2", SECUNDARIA 19mm, ZARANDA 1/4"- 4.75mm.
Muestreador : Saul Ticse Tello	
Fecha y Hora : 13/03/19 -	

**PESO UNITARIO COMPACTADO DE AGREGADO GRUESO**

Fracción de la Muestra		Grava <1"	Grava <1"	Grava <1"	
Prueba	N°	1	2	3	/
Molde	N°	1	1	1	
Peso del Molde + Muestra seca	Gr.	<b>21132.0</b>	<b>21087.0</b>	<b>21098.0</b>	
Peso del Molde	Gr.	7285.0	7285.0	7285.0	
Peso de la Muestra seca	Gr.	13847.0	13802.0	13813.0	
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	9409.0	9409.0	9409.0	
Peso unitario compactado, Muestra seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.472	1.467	1.468	
Humedad en Horno	%	0.0	0.0	0.0	

**PESO UNITARIO SUELTO DE AGREGADO GRUESO**

Fracción de la Muestra		Grava <1"	Grava <1"	Grava <1"	
Prueba	N°	1	2	3	/
Molde	N°	1	1	1	
Peso del Molde + Muestra seca	Gr.	<b>20056.0</b>	<b>20081.0</b>	<b>20128.0</b>	
Peso del Molde	Gr.	7285.0	7285.0	7285.0	
Peso de la Muestra seca	Gr.	12771.0	12796.0	12843.0	
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	9409.0	9409.0	9409.0	
Peso unitario Suelto, Muestra seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.357	1.360	1.365	
Humedad en Horno	%	0.0	0.0	0.0	

**RESULTADOS OBTENIDOS (PROMEDIO)**

**RESULTADOS PESO UNITARIO COMPACTADO**

Peso Unitario Compactado, Muestra Húmeda	gr/cm <sup>3</sup>	-
Peso unitario compactado, Muestra seca	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.469</b>
Contenido de humedad	%	<b>0.0</b>

-
<b>1.469</b>
<b>0.0</b>

**RESULTADOS PESO UNITARIO SUELTO**

Peso Unitario Suelto, Muestra Húmeda	gr/cm <sup>3</sup>	-
Peso unitario Suelto, Muestra seca	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.361</b>
Contenido de humedad	%	<b>0.0</b>

-
<b>1.361</b>
<b>0.0</b>

**OBSERVACIONES:**

REVISADO POR:	LABORATORIO MOTA - ENGL
Nombre:	
Firma:	
Fecha (dd/mm/aa):	

MOTA-ENGIL PERU S.A.  
 CONTRATO 0100-R-CC1-101  
**PERCY HINOJOSA BROCOS**  
 JEFE DE LABORATORIO



**DETERMINACIÓN DE PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS  
ASTM C 127-15 / ASTM C 128-15**

K-CC1-101-QA-ENS-006-0

LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD

Fecha: 15/06/2018

<b>Propietario</b>	: Anglo American Quellaveco	<b>N° de Laboratorio</b>	: 1
<b>Ubicación de Proyecto:</b>	Moquegua - Perú	<b>N° de muestras</b>	: MEP-LAB-CP-AG-001
<b>Material</b>	: Grava Para CCR - HUSO 67 - Cantera Pelluta	<b>Ensayado Por</b>	: Saul Ticse Tello
<b>Ubicación (Coordenadas):</b>	<b>NORTE:</b>	<b>ESTE:</b>	<b>COTA:</b>

**DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO DE LOS AGREGADOS**

**AGREGADO FINO ASTM C128 - 15**

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr)				
B	Peso Frasco + agua				
C	Peso Frasco + agua + A (gr)				
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)				
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)				
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)				
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (gr)				<b>PROMEDIO</b>
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E				
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E				
	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G				
	% de absorción = ((A - F)/F)*100				

**AGREGADO GRUESO ASTM C127 - 15**

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	<b>3201.0</b>	<b>3468.0</b>		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	<b>1999.0</b>	<b>2168.0</b>		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	1202.0	1300.0		
D	Peso material seco en estufa (105°C)(gr)	<b>3152.0</b>	<b>3418.0</b>		
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (gr)	1153.0	1250.0		<b>PROMEDIO</b>
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.622	2.629		2.626
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.663	2.668		<b>2.665</b>
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.734	2.734		2.734
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	1.55	1.46		<b>1.509</b>

**Observaciones:**

<b>REVISADO POR:</b>	<b>LABORATORIO MOTA - ENGL</b>
Nombre:	
Firma	 <b>MOTA-ENGL PERU S.A.</b> <small>CONTRATO 912004/CC1-101</small> <b>PERCY HINOJOSA BROCOS</b> <b>JEFE DE LABORATORIO</b>
Fecha (dd/mm/aa)	



**ENSAYO**

K-CC1-101-QA-ENS-015-0

**CONTROL DE CALIDAD**

**ENSAYO DE ABRASION POR MAQUINA DE LOS ANGELES  
ASTM-C131/C535.**

**FECHA : 18/06/2018**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO.**

Propietario : Anglo American Quellaveco  
 Ubicación de Proyecto: Moquegua - Perú  
 Material : Grava Para CCR - HUSO 67 - Cantera Pelluta  
 Ubicación de (Coordenadas) NORTE: ESTE: COTA:

N° de Laboratorio : 1  
 N° de Muestra : MEP-LAB-CP-AG-001  
 Ensayado Por : Saul Ticse Tello  
 Fecha de Ensayo : 13/03/2019

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones						
	1	2	3	A	<b>B</b>	C	D
3" - 2 1/2"							
2 1/2" - 2"							
2" - 1 1/2"							
1 1/2" - 1"							
1" - 3/4"							
3/4" - 1/2"					2503.0		
1/2" - 3/8"					2505.0		
3/8" - N°4							
N°4 - N°8							
Peso Total					5008.0		
(%) Retenido en la malla N° 12					4222.0		
(%) Que pasa en la malla N° 12					786.0		
N° de esferas					11		
Peso de las esferas (gr)					5000 ± 25		
% Desgaste					15.7%		

**OBSERVACIONES :**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

<b>REVISADO POR:</b>	<b>LABORATORIO MOTA - ENGI L</b>
Nombre:	
Firma	 <b>MOTA-ENGIL PERU S.A.</b> <small>CONTRATO 0100000001-191</small> <b>PERCY HINOJOSA BROCOS</b> <b>JEFE DE LABORATORIO</b>
Fecha (dd/mm/aa)	





ENSAYO

CONTROL DE CALIDAD

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
NORMAS TÉCNICAS: ASTM C136M/14

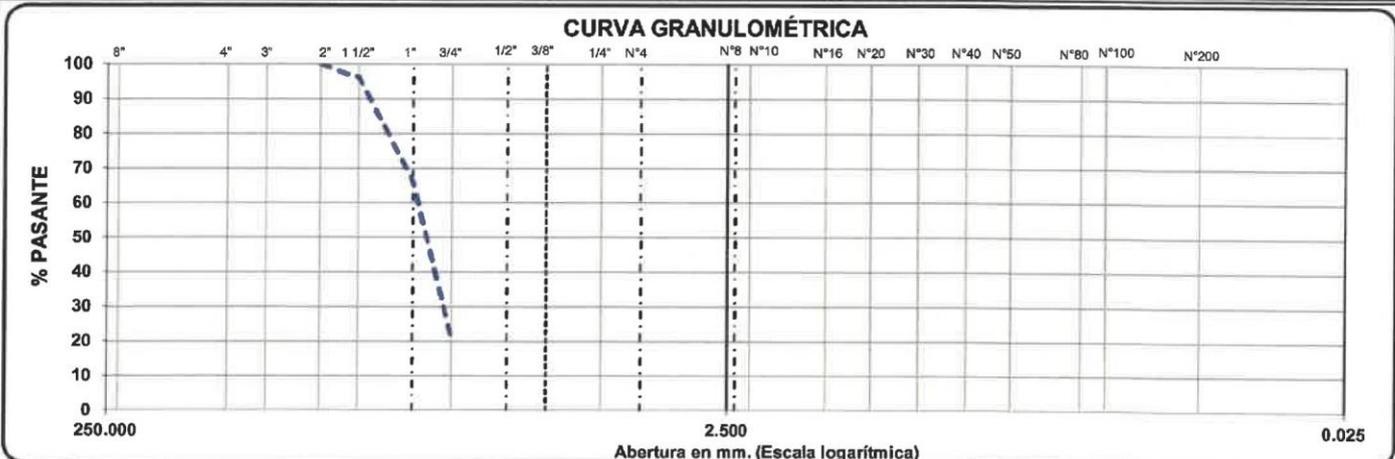
K-CC1-101-QA-ENS-001B-0

Fecha : 06/04/18

Propietario : Anglo American Quellaveco  
Ubicación de Proyecto: Moquegua - Peru  
Material : Grava Para CCR, TM 2" - cantera Pelluta  
Ubicación de (Coordenadas) NORTE: - ESTE: -

N° de Laboratorio: 1  
N° de Muestra : MEP-LAB-CP-AG2-001  
Ensayado Por : Franck Espiritu Pacahuala  
Fecha de Ensayo: 16/03/2019  
COTA: -

TAMIZ ASTM	ABERT. mm	PESO RETENIDO	RETENIDO %	RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
						MÍNIMO	MÁXIMO	
8"	228.600							<b>PROCEDENCIA:</b> MATERIAL PROCEDENTE DE LA CANTERA PELLUTA, PROCESADO EN LA CHANCADORA CECI. (CONFIGURACIÓN: PRIMARIA 3 1/2", SECUNDARIA 19mm, ZARANDA 3/4"-1/4")  <b>Muestreado por:</b> Franck Espiritu Pacahuala <b>Fecha y hora:</b> 15/03/2019. 17:40 H <b>Peso inicial seco:</b> 16950.0 gr. <b>Material Grueso &gt; N° 4:</b> 16508.3 gr. <b>Material Fino &lt; N° 4:</b> 337.4 gr. <b>Fracción Mat. Fino:</b> 104.3 gr.  <b>Límite Líquido:</b> - % <b>Límite Plástico:</b> - % <b>Índice Plástico:</b> - %  <b>% Grava:</b> 97.4 <b>% Arena:</b> 2.0 <b>% Fino:</b> 0.6 <b>Clasificación (SUCS):</b> - <b>Clasificación (AASHTO):</b> - <b>Modulo De Fineza:</b> 7.65  <b>Observaciones</b>
5"	152.400							
4"	101.600							
3"	76.200							
2 1/2"	63.500							
2"	50.800				100.0			
1 1/2"	38.100	659	3.9	3.9	96.1			
1"	25.400	5067.0	29.9	33.8	66.2			
3/4"	19.050	7733.0	45.6	79.4	20.6			
1/2"	12.700							
3/8"	9.525	2389.0	14.1	97.4	2.6			
1/4"	6.350							
N° 4	4.760							
N° 8	2.360							
N° 10	2.089							
N° 16	1.190							
N° 20	0.850							
N° 30	0.600							
N° 40	0.420							
N° 50	0.300							
N° 80	0.180							
N° 100	0.150							
N° 200	0.074	337.4	2.0	99.4	0.6			
< N° 200	FONDO	104.3	0.6	100.0	0.0			



REVISADO POR:	LABORATORIO MOTA - ENGI
Nombre:	
Firma:	
Fecha (dd/mm/aa):	

**PERCY HINOJOSA BROCOS**  
 JEFE DE LABORATORIO



**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL  
(NORMA ASTM C 566 -13)**

K-CC1-101-QA-ENS-017-0

**CONTROL DE CALIDAD**

Fecha: 06.07.18

Propietario: Anglo American Quellaveco  
Ubicación de Proyecto: Moquegua - Peru  
Material: Grava Para CCR, TM 2" - cantera Pelluta  
Ubicación (Coordenadas): NORTE: - ESTE: - COTA: -  
Procedencia: MATERIAL PROCEDENTE DE LA CANTERA PELLUTA, PROCESADO EN LA CHANCADORA CECI. (CONFIGURACION: PRIMARIA 3 1/2", SECUNDARIA 19mm, ZARANDA 3/4"-1/4")  
Muestreado por: Franck Espiritu Pacahuala

N° de Laboratorio: 1  
N° de Muestra: MEP-LAB-CP-AG2-001  
Ensayado Por: Franck Espiritu Pacahuala  
Fecha y Hora: 15/03/2019. 17:40 H

**DATOS DE LA MUESTRA**

ENSAYO	1				
N° TARRO	T-45				
PESO TARRO + MUESTRA HÚMEDA, M <sub>cmh</sub> (g)	10,217.0				
PESO TARRO + MUESTRA SECA, M <sub>cms</sub> (g)	10,098.0				
PESO DE AGUA, M <sub>w</sub> (g)	119.0				
PESO DEL TARRO, M <sub>c</sub> (g)	492.9				
PESO DE LA MUESTRA SECA, M <sub>s</sub> (g)	9,605.1				
CONTENIDO DE HUMEDAD, w = M <sub>w</sub> *100/M <sub>s</sub> (%)	1.2				

Procedimiento de secado:  
Horno:   
Cocina:

**Comentarios:**

REVISADO POR:	LABORATORIO MOTA - ENGL
Nombre:	
Firma	
Fecha (dd/mm/aa)	

MOTA-ENGL PERU S.A.  
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO  
PERCY HINOJOSA BROCOS  
JEFE DE LABORATORIO

ENSAYO

K-CC1-101-QA-ENS-014\_B

CONTROL DE CALIDAD

DENSIDAD APARENTE (PESO UNITARIO) Y VACIOS EN EL AGREGADO  
ASTM C 29/C 29M

Fecha : 10/06/2018



Propietario : Anglo American Quellaveco.  
Ubicación del Proyecto : Moquegua - Peru  
Material : Grava Para Concreto  
Ubicación:

N° de Laboratorio : 1  
N° de Muestra: MEP-LAB-CP-AG2-001  
Ensayado Por : Franck Espiritu Pacahuala  
Fecha de Ensayo: 17/03/2019

Condiciones de Secado: Horno Eléctrico digital con Termostato  
Temperatura de Secado de Muestra en Horno: 110 °C  
Muestreador : Franck Espiritu Pacahuala  
Fecha y Hora : /03/2019. 17:40 00:00:00

Datos de la Muestra :  
Procedencia: .  
PROCESADO EN LA CHANCADORA CECI.  
(CONFIGURACIÓN: PRIMARIA 3 1/2", SECUNDARIA 19mm,

PESO UNITARIO COMPACTADO DE AGREGADO GRUESO

Fracción de la Muestra	
Prueba	N°
Molde	N°
Peso del Molde + Muestra Seca	Gr.
Peso del Molde	Gr.
Peso de la Muestra Seca	Gr.
Volumen del Molde	m³
Peso unitario compactado, Muestra seca	Kg/m³
Humedad en Horno	%

Grava <1"	Grava <1"	Grava <1"	
1	2	3	
1	1	1	
30388.0	30370.0	30391.0	
9071.0	9071.0	9071.0	
21317.0	21299.0	21320.0	
14134.0	14134.0	14134.0	
1508	1507	1508	
0.0	0.0	0.0	

PESO UNITARIO SUELTO DE AGREGADO GRUESO

Fracción de la Muestra	
Prueba	N°
Molde	N°
Peso del Molde + Muestra Seca	Gr.
Peso del Molde	Gr.
Peso de la Muestra Seca	Gr.
Volumen del Molde	m³
Peso unitario Suelto, Muestra seca	Kg/m³
Humedad en Horno	%

Grava <1"	Grava <1"	Grava <1"	0.00
1	2	3	
1	1	1	
28342.0	28420.0	28433.0	
9071.0	9071.0	9071.0	
19271.0	19349.0	19362.0	
14134.0	14134.0	14134.0	
1363	1369	1370	
0.0	0.0	0.0	

RESULTADOS OBTENIDOS (PROMEDIO)

RESULTADOS PESO UNITARIO COMPACTADO

Peso Unitario Compactado, Muestra Húmeda	Kg/m³	-
Peso unitario compactado, Muestra seca	Kg/m³	1508
Contenido de humedad	%	0.0

-
1508
0.0

RESULTADOS PESO UNITARIO SUELTO

Peso Unitario Suelto, Muestra Húmeda	Kg/m³	-
Peso unitario Suelto, Muestra seca	Kg/m³	1367
Contenido de humedad	%	0.0

-
1367
0.0

OBSERVACIONES:

REVISADO POR:	LABORATORIO MOTA - ENGL
Nombre:	
Firma	
Fecha (dd/mm/aa)	





**DETERMINACIÓN DE PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS  
ASTM C 127-15 / ASTM C 128-15**

K-CC1-101-QA-ENS-006-0

LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD

Fecha: 15/06/2018

Propietario : Anglo American Quellaveco.  
Ubicación de Proyecto: Moquegua - Peru  
Material : Grava Para CCR, TM 2\* - cantera Pelluta  
Ubicación:

N° de Laboratorio : 1  
N° de muestras : MEP-LAB-CP-AG2-001  
Ensayado Por : Franck Espiritu Pacahuala  
Fecha de Ensayo : 17/03/2019

**DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO DE LOS AGREGADOS**

**AGREGADO FINO ASTM C128 - 15**

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr)				
B	Peso Frasco + agua				
C	Peso Frasco + agua + A (gr)				
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)				
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)				
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)				
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (gr)				PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E				
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E				
	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G				
	% de absorción = ((A - F)/F)*100				

**AGREGADO GRUESO ASTM C127 - 15**

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	<b>5363.0</b>	<b>5244.0</b>		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	<b>3342.0</b>	<b>3270.0</b>		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	2021.0	1974.0		
D	Peso material seco en estufa (105°C)(gr)	<b>5274.0</b>	<b>5160.0</b>		
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (gr)	1932.0	1890.0		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.610	2.614		2.612
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.654	2.657		<b>2.655</b>
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.730	2.730		2.730
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	1.7	1.6		<b>1.658</b>

Observaciones:

REVISADO POR:	LABORATORIO MOTA - ENGL
Nombre:	
Firma	 <b>PERCY HINOJOSA BROCOS</b> JEFE DE LABORATORIO
Fecha (dd/mm/aa)	



ENSAYO

K-CC1-101-QA-ENS-015-0

CONTROL DE CALIDAD

ENSAYO DE ABRASION POR MAQUINA DE LOS ANGELES  
ASTM-C131/C535.

FECHA : 18/06/2018

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO.

Propietario : Anglo American Quellaveco  
Ubicación de Proyecto: Moquegua - Peru  
Material : Grava Para Concreto  
Ubicación de (Coordenadas) NORTE: - ESTE: - COTA: -

N° de Laboratorio : 1  
N° de Muestra : MEP-LAB-CP-AG2-001  
Ensayado Por : Franck Espiritu Pacahuala  
Fecha de Ensayo : 17/03/2019

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones						
	1	2	3	A	B	C	D
3" - 2 1/2"							
2 1/2" - 2"							
2" - 1 1/2"							
1 1/2" - 1"			5008.0				
1" - 3/4"			5008.0				
3/4" - 1/2"							
1/2" - 3/8"							
3/8" - N°4							
N°4 - N°8							
Peso Total			10016.0				
(%) Retenido en la malla N° 12			8593.0				
(%) Que pasa en la malla N° 12			1423.0				
N° de esferas			12				
Peso de las esferas (gr)			5002 ± 25				
% Desgaste			14.2%				

OBSERVACIONES :

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

REVISADO POR:	LABORATORIO MOTA - ENGIL
Nombre:	
Firma	
Fecha (dd/mm/aa)	

**MOTA-ENGIL PERU S.A.**  
CORPORATIVO EDUCACION  
**PERCY HINOJOSA BROCOS**  
JEFE DE LABORATORIO



**DETERMINACIÓN POR LAVADO DE MATERIAL MAS FINO QUE PASA  
LA MALLA N° 200  
(NORMA ASTM C 117)**

K-CC1-101-QA-ENS-016-1

**CONTROL DE CALIDAD**

Fecha: 24/07/18

Propietario:	Anglo American Quellaveco	N° de Laboratorio:	1
Ubicación de Proyecto:	Moquegua - Peru	N° de Muestra:	MEP-LAB-CP-AG2-001
Material:	Grava Para CCR, TM 2" - cantera Pelluta	Ensayado Por:	Franck Espiritu Pacahuala
Ubicación (Coordenadas):	Norte: - Este: -	Fecha y Hora:	17/03/2019
		Cota:	-

**DATOS DE LA MUESTRA**

ENSAYO	1	2	3	Promedio	<b>METODO UTILIZADO</b> A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>
N° TARRO	T-1	T-1	/		
PESO TARRO + MUESTRA LAVADA (A) (g)	6,097.6	5,264			
PESO TARRO + MUESTRA SECA (B) (g)	6,069.0	5,228			
PORCENTAJE DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 (B-A/B)	0.5	0.7		0.6	

**Observaciones:**

REVISADO POR:	LABORATORIO MOTA - ENGL
Nombre:	
Firma	 <b>PERCY HINOJOSA BROCOS</b> JEFE DE LABORATORIO
Fecha (dd/mm/aa)	



ENSAYO

CONTROL DE CALIDAD

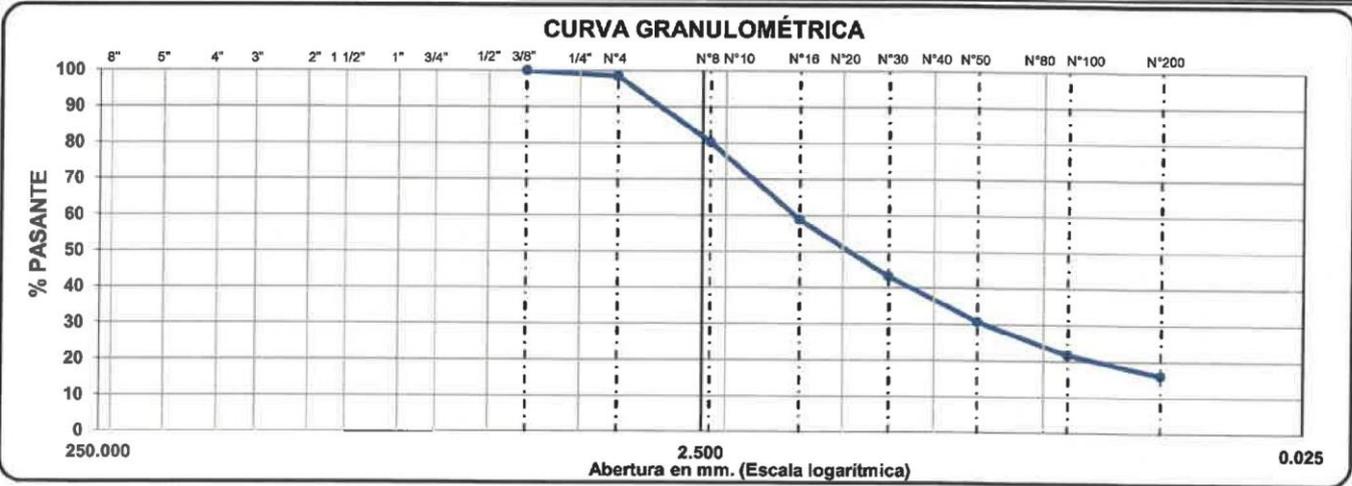
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
NORMAS TÉCNICAS: ASTM C136M/14

K-CC1-101-QA-ENS-001B-0

FECHA: 17/06/2018

Propietario : Anglo American Quellaveco. N° de Laboratorio : 1  
 Ubicación del Proyecto : Moquegua - Peru N° de Muestra : MEP-LAB-CCR-CP-AF-001  
 Material : Arena para CCR - Cantera Pelluta Ensayado Por : Franck Espiritu Pacahuala  
 Ubicación (Coordenad.: NORTE= - ESTE= - Fecha de Ensayo: 13/03/2019  
 COTA= -

TAMIZ ASTM	ABERT. mm	PESO RETENIDO	RETENIDO %	RETENIDO ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
						MÍNIMO	MÁXIMO	
8"	228.600							<b>Procedencia:</b> MATERIAL PROCEDENTE DE CANTERA PELLUTA PROCESADO EN CHANCADORA CECI, CONFIGURACIÓN: PRIMARIA 3 1/2", SECUNDARIA 19mm, ZARANDA 1/4"- 4.75mm.  <b>Muestreado por:</b> Franck Espiritu Pacahuala <b>Fecha:</b> 13/03/2019 <b>Peso inicial seco:</b> 918.2 gr. <b>Material Grueso &gt; N° 4:</b> 13.5 gr. <b>Material Fino &lt; N° 4:</b> 904.7 gr. <b>Fracción Mat. Fino:</b> 0.0 gr.  <b>Límite Líquido:</b> - % <b>Límite Plástico:</b> - % <b>Índice Plástico:</b> - %  <b>% Grava:</b> 1.5 <b>% Arena:</b> 82.4 <b>% Fino:</b> 16.1 <b>Clasificación (SUCS):</b> <b>Clasificación (AASHTO):</b> <b>M.F 2.66</b>  <b>OBSERVACIONES:</b> PRODUCCION TURNO DIA Y NOCHE
5"	152.400							
4"	101.600							
3"	76.200							
2 1/2"	63.500							
2"	50.800							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400							
3/4"	19.050							
1/2"	12.700							
3/8"	9.525							
1/4"	6.350				100.0			
N° 4	4.760	13.5	1.5	1.5	98.5			
N° 8	2.360	166.9	18.2	19.6	80.4			
N° 10	2.089							
N° 16	1.190	197.1	21.5	41.1	58.9			
N° 20	0.850							
N° 30	0.600	143.4	15.6	56.7	43.3			
N° 40	0.420							
N° 50	0.300	114.1	12.4	69.2	30.8			
N° 80	0.180							
N° 100	0.150	83.7	9.1	78.3	21.7			
N° 200	0.074	51.8	5.6	83.9	16.1			
< N° 200		147.7	16.1	100.0	0.0			



REVISADO POR:	LABORATORIO MOTA - ENGL
Nombre:	
Firma:	<i>[Signature]</i> PERCY HINOJOSA BROCOS JEFE DE LABORATORIO
Fecha (dd/mm/aa):	



**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL  
(NORMA ASTM C 566 -13)**

K-CC1-101-QA-ENS-017-0

**CONTROL DE CALIDAD**

Fecha: 06.07.18

Propietario: Anglo American Quellaveco. N° de Laboratorio: 1  
Ubicación de Proyecto: Moquegua - Peru N° de Muestra: MEP-LAB-CCR-CP-AF-001  
Material: Arena para CCR - Cantera Pelluta Ensayado Por: Franck Espiritu Pacahuala  
Ubicación (Coordenadas): NORTE: ESTE: COTA:  
Procedencia: MATERIAL PROCEDENTE DE CANTERA PELLUTA PROCESADO EN CHANCADORA CECI, CONFIGURACIÓN: PRIMARIA 3 1/2", SECUNDARIA 19mm, ZARANDA 1/4"- 4.75mm.  
Muestreado por: Franck Espiritu Pacahuala Fecha y Hora: 13/03/2019

**DATOS DE LA MUESTRA**

ENSAYO		1			
N° TARRO		T-24			
PESO TARRO + MUESTRA HÚMEDA, M <sub>cmh</sub> (g)		927.2			
PESO TARRO + MUESTRA SECA, M <sub>cms</sub> (g)		896.0			
PESO DE AGUA, M <sub>w</sub> (g)		31.2			
PESO DEL TARRO, M <sub>c</sub> (g)		205.0			
PESO DE LA MUESTRA SECA, M <sub>s</sub> (g)		691.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD, w = M <sub>w</sub> *100/M <sub>s</sub> (%)		4.5			

Procedimiento de secado:  
Horno:   
Cocina:

**Comentarios:**

REVISADO POR:	LABORATORIO MOTA - ENGL
Nombre:	
Firma	 MOTA-ENGIL PERU S.A. PERCY HINOJOSA BROCOS JEFE DE LABORATORIO
Fecha (dd/mm/aa)	



ENSAYO

CONTROL DE CALIDAD

DENSIDAD APARENTE (PESO UNITARIO) Y VACIOS EN EL AGREGADO  
ASTM C 29/C 29M

K-CC1-101-QA-ENS-013\_0

Fecha : 10/06/2018

Propietario : Anglo American Quellaveco. N° de Muestra: 1  
 Ubicación del Proyecto : Moquegua - Peru Ensayado Por : MEP-LAB-CCR-CP-AF-001  
 Material : Arena para CCR - Cantera Pelluta Fecha de Ensayo: Franck Espiritu Pacahuala 14/03/2019  
 Ubicación (Coordenadas): NORTE= - ESTE= - COTA= -

Condiciones de Secado: Horno Eléctrico digital con Termostato <b>ARENA</b>	Datos de la Muestra :
Temperatura de Secado de Muestra en Horno: <b>110 °C</b>	Procedencia: .
Muestreado : Alfredo Condori Yupanqui	MATERIAL PROCEDENTE DE CANTERA PELLUTA PROCESADO EN CHANCADORA CECI, CONFIGURACIÓN: PRIMARIA 3 1/2", SECUNDARIA 19mm, ZARANDA 1/4"- 4.75mm.
Fecha y Hora : 13/03/19	

**PESO UNITARIO COMPACTADO DE AGREGADO FINO**

Fracción de la Muestra		Arena < 3/8"	Arena < 3/8"	Arena < 3/8"	PROMEDIO
Prueba	N°	1	2	3	
Molde	N°	1	1	1	
Peso del Molde + Muestra Húmeda	Gr.	7131.0	7102.0	7140.0	
Peso del Molde	Gr.	2259.0	2259.0	2259.0	
Peso de la Muestra Húmeda	Gr.	4872.0	4843.0	4881.0	
Volumen del Molde	cm³	2848.0	2848.0	2848.0	
Peso unitario compactado, Muestra seca	gr/cm³	1.711	1.700	1.714	<b>1.708</b>
Humedad en Horno	%	0.0	0.0	0.0	

**PESO UNITARIO SUELTO DE AGREGADO FINO**

Fracción de la Muestra		Arena < 3/8"	Arena < 3/8"	Arena < 3/8"	PROMEDIO
Prueba	N°	1	2	3	
Molde	N°	1	1	1	
Peso del Molde + Muestra Húmeda	Gr.	6584.0	6589.0	6593.0	
Peso del Molde	Gr.	2259.0	2259.0	2259.0	
Peso de la Muestra Húmeda	Gr.	4325.0	4330.0	4334.0	
Volumen del Molde	cm³	2848.0	2848.0	2848.0	
Peso unitario Suelto, Muestra seca	gr/cm³	1.519	1.520	1.522	<b>1.520</b>
Humedad en Horno	%	0.0	0.0	0.0	

**RESULTADOS OBTENIDOS (PROMEDIO)**

**RESULTADOS PESO UNITARIO COMPACTADO**

Peso Unitario Compactado, Muestra Húmeda gr/cm³  
 Peso unitario compactado, Muestra seca gr/cm³  
 Contenido de humedad %

-  
**1.708**  
 0.0

**RESULTADOS PESO UNITARIO SUELTO**

Peso Unitario Suelto, Muestra Húmeda gr/cm³  
 Peso unitario Suelto, Muestra seca gr/cm³  
 Contenido de humedad %

-  
**1.520**  
 0.0

**OBSERVACIONES:**

REVISADO POR:	LABORATORIO MOTA - ENGI
Nombre:	
Firma	 <b>PERCY HINOJOSA BROCOS</b> JEFE DE LABORATORIO
Fecha (dd/mm/aa)	



**DETERMINACIÓN DE PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS  
ASTM C 127-15 / ASTM C 128-15**

K-CC1-101-QA-ENS-006-0

LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD

Fecha: 15/06/2018

<b>Propietario</b> : Anglo American Quellaveco.	<b>N° de Laboratorio</b> : 1
<b>Ubicación de Proyecto</b> : Moquegua - Peru	<b>N° de muestras</b> : MEP-LAB-CCR-CP-AF-001
<b>Material</b> : Arena para CCR - Cantera Pelluta	<b>Ensayado Por</b> : Franck Espiritu Pacahuala
<b>Ubicación (Coordenadas)</b> : NORTE: - ESTE: - COTA: -	<b>Fecha de Ensayo</b> : 14/03/2019

**DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO DE LOS AGREGADOS**

**AGREGADO FINO ASTM C128 - 15**

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr)	500.08	500.05		
B	Peso Frasco + agua	666.98	672.21		
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1167.06	1172.26		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	981.57	986.99		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	185.49	185.27		
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	493.73	493.69		
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (gr)	179.14	178.91		<b>PROMEDIO</b>
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.66	2.66		2.663
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.696	2.699		<b>2.698</b>
	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G	2.756	2.759		2.758
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.29	1.29		<b>1.287</b>

**AGREGADO GRUESO ASTM C127 - 15**

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)				
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)				
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)				
D	Peso material seco en estufa (105°C)(gr)				
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (gr)				<b>PROMEDIO</b>
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C				
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C				
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E				
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )				

**Observaciones:**

<b>REVISADO POR:</b>	<b>LABORATORIO MOTA - ENGL</b>
Nombre:	
Firma	 <b>MOTA-ENGL PERU S.A.</b> <small>ORGANISMO DE CONTROL DE CALIDAD</small> <b>PERCY HINOJOSA BROCOS</b> <b>JEFE DE LABORATORIO</b>
Fecha (dd/mm/aa)	



**DETERMINACIÓN POR LAVADO DE MATERIAL MAS FINO QUE PASA LA MALLA N° 200 (NORMA ASTM C 117)**

K-CC1-101-QA-ENS-016-1

**CONTROL DE CALIDAD**

Fecha: 24/07/18

Propietario: Anglo American Quellaveco.  
Ubicación de Proyecto: Moquegua - Peru  
Material: Arena para CCR - Cantera Pelluta  
Ubicación (Coordenadas): Norte: Este:

N° de Laboratorio: 1  
N° de Muestra: MEP-LAB-CCR-CP-AF-001  
Ensayado Por: Franck Espiritu Pacahuala  
Fecha y Hora: 13/03/2019  
Cota:

**DATOS DE LA MUESTRA**

ENSAYO	1	2		PROMEDIO	METODO UTILIZADO A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>
N° TARRO	T-1	T-3			
PESO TARRO + MUESTRA LAVADA (A) (g)	918.2	922.7			
PESO TARRO + MUESTRA SECA (B) (g)	771.4	782.3			
PORCENTAJE DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 (B-A/B)	16.0	15.2		15.6	

**Observaciones:**

REVISADO POR:	LABORATORIO MOTA - ENGL
Nombre:	
Firma	 MOTA-ENGL PERU S.A. CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL DE CALIDAD PERCY HINOJOSA BROCOS JEFE DE LABORATORIO
Fecha (dd/mm/aa)	

### **Anexo 3. Diseño de mezcla**



## MEMORIA DE DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (CCR). MÉTODO ACI - 211

PROYECTO: "Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas, Moquegua"

Tipo de concreto:	<b>CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO</b>	N° Reporte : DCCR-140-3
Código de diseño:	<b>CCR-140-2</b>	Fecha de diseño : 19/03/2020
Resistencia a compresión a 90 días, f <sub>c</sub> (MPa):	<b>14</b>	Realizado por : Williams Sandoval
Relación agua/cemento (estado SSS):	<b>1.04</b>	
Tiempo VeBe (seg):	<b>25 - 35</b>	

### Materiales:

Cemento:	<b>Yura Tipo IP</b>		
Agregados:	<b>Arena y Grava de 1" - 2" Triturada Cantera Pelluta</b>		
Agua:	<b>Poza Vizcachas</b>		
Aditivo 1:	<b>Plastiment CCR PLUS</b>	Dosis % :	<b>1.50</b>
Aditivo 2:	-		

Peso específico de cemento y aditivos (g/cm³)	
Peso Especifico Cemento	2.810
Peso Especifico Aditivo 1	1.320
Peso Especifico Aditivo 2	-

Características de los Agregados				Arena	Grava 1	Grava 2	Los agregados se combinaron en las siguientes proporciones (%): Arena: 42.0 Grava 1: 28.0 Grava 2: 30.0
Tamaño máximo				¾"	1"	2"	
Módulo de Finura:				2.66	6.51	7.65	
Peso Especifico Material SSS:	(g/cm³)			2.698	2.665	2.655	
Peso Unitario Suelto:	(kg/m³)			1520	1361	1367	
Peso Unitario Compactado:	(kg/m³)			1708	1469	1508	
Absorción:	(%)			1.287	1.509	1.658	
Humedad Natural:	(%)			4.14	1.62	0.40	

DISEÑO EN ESTADO SECO (m³)		
Cemento	(kg)	<b>140</b>
Arena (¾"-0.0")	(kg)	<b>881</b>
Grava 1 (¾"-¼")	(kg)	<b>586</b>
Grava 2 (2"-¾")	(kg)	<b>627</b>
Agua	(L)	<b>176</b>
Plastiment CCR Plus	(kg)	<b>2.100</b>
Peso Unitario teórico	(kg/m³)	<b>2411</b>

DISEÑO EN CONDICIÓN SSS (m³)		
Cemento	(kg)	<b>140</b>
Arena (¾"-0.0")	(kg)	<b>892</b>
Grava 1 (¾"-¼")	(kg)	<b>595</b>
Grava 2 (2"-¾")	(kg)	<b>637</b>
Agua	(L)	<b>145</b>
Plastiment CCR Plus	(kg)	<b>2.100</b>
Peso Unitario teórico	(kg/m³)	<b>2411</b>

### ENSAYOS DEL CCR EN ESTADO FRESCO

Temperatura (°C)		Consistencia VB (seg.)	Contenido de Aire (%)	P. Unitario (kg/m³)	DTLA (kg/m³)	COMPACTACION (%)
Ambiente	Concreto					
22.4	12.7	29	1.4	2436	2471	101.1

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa):

EDAD	Promedio 3d (MPa)	Promedio 7d (MPa)	Promedio 14d (MPa)	Promedio 28d (MPa)	Promedio 56d (MPa)	Promedio 90d (MPa)	Promedio 180d (MPa)	Promedio 365d (MPa)
M - 1	<b>2.8</b>	<b>8.1</b>	<b>10.1</b>	<b>12.1</b>	<b>18.3</b>	<b>21.5</b>	<b>24.3</b>	<b>30.4</b>
M - 2								
	20%	58%	72%	87%	131%	153%	173%	217%

### RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (MPa):

EDAD	Promedio 3d (MPa)	Promedio 7d (MPa)	Promedio 14d (MPa)	Promedio 28d (MPa)	Promedio 56d (MPa)	Promedio 90d (MPa)	Promedio 180d (MPa)	Promedio 365d (MPa)
M - 1	<b>0.42</b>	<b>1.11</b>	<b>1.21</b>	<b>1.82</b>	<b>2.33</b>	<b>2.30</b>	<b>2.62</b>	<b>3.58</b>

Observaciones:

### REVISADO POR:

Nombre:	<i>Williams Sandoval</i>
Firma:	<i>[Firma]</i>
Fecha (dd/mm/aa):	<i>17/05/2021</i>





**MEMORIA DE CALCULO DE DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO**

**PROYECTO:**

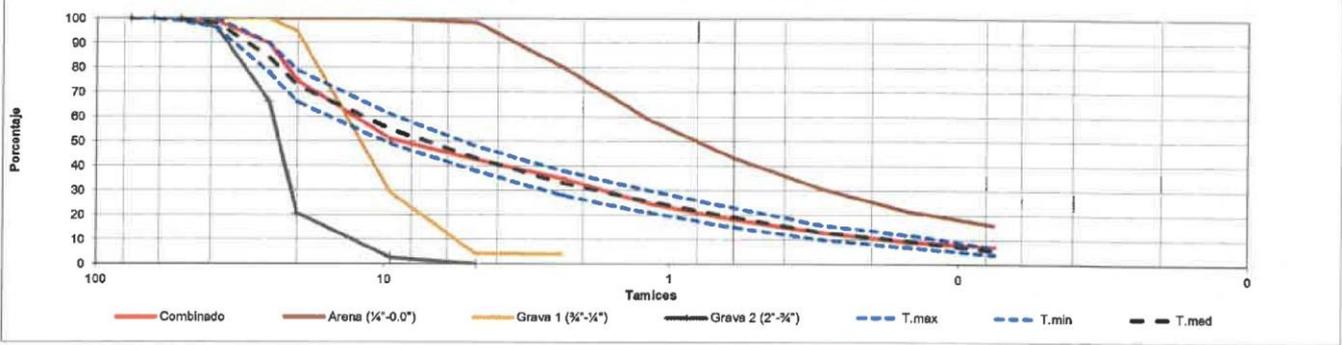
"Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas, Moquegua"

Tipo de concreto:	CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO	N° Reporte : DCCR-140-3
Código de diseño:	CCR-140-2	Fecha: 19/03/2020
Resistencia a compresión a 90 días, f <sub>c</sub> (MPa):	14	Tiempo VeBe: 25 - 35
Relación agua/cemento (estado SSS):	1.04	Contenido de aire: -

**Granulometría y Proporción de Áridos**

Malla	Abertura mm	Combinado	T.max	T.med	T.min	Arena (¼"-0.0")	Arena fina	Grava 1 (¾"-¼")	Grava 2 (2"-¾")
3"	76.00	100	100	100.0	100	100.0	100.0	100.0	100.0
2 ½"	63.00	100	100	100.0	100	100.0	100.0	100.0	100.0
2"	51.00	100	99	99.5	100	100.0	100.0	100.0	100.0
1 ½"	38.00	99	96	98.0	100	100.0	100.0	100.0	96.1
1"	25.00	90	78	84.0	90	100.0	100.0	100.0	66.2
¾"	20.00	75	66	72.5	79	100.0	100.0	94.7	20.6
3/8"	9.52	51	49	55.0	61	100.0	100.0	29.3	2.6
# 4	4.75	43	38	43.0	48	98.5	100.0	4.3	0.0
# 8	2.36	35	28	33.0	38	80.4	100.0	4.1	0.0
# 16	1.18	25	21	25.5	30	58.9	100.0	0.0	0.0
# 30	0.60	18	15	19.0	23	43.3	100.0	0.0	0.0
# 50	0.30	13	10	13.0	16	30.8	100.0	0.0	0.0
# 100	0.15	9	7	9.5	12	21.7	100.0	0.0	0.0
# 200	0.075	7.2	4	5.5	7	16.1	100.0	0.90	0.60
						42.00%	0.00%	28.00%	30.0%

**HUSO GRANULOMÉTRICO COMBINADO DE CCR – EETT. MQ11-58-TE-1100-CE0026 – Rev. 3**



**Caract. físicas de aditivos**

Nombre	Plastiment CCR Plus	Aditivo 2	Aditivo 3
Dens. (g/mL)	1.32		
Dosis (%)	1.50		

**Propiedades físicas de los áridos**

Característica	Tamaño			
	Arena (¼"-0.0")	Arena fina	Grava 1 (¾"-¼")	Grava 2 (2"-¾")
Densidad SSS (g/cm3)	2.098		2.665	2.655
Absorción (%)	1.287		1.509	1.658
Humedad (%)	4.14		1.62	0.40
Factor de H (%)	2.853		0.111	-1.258

**Características físicas del cemento**

Cemento Yura	Tipo IP
Dens. (g/cm3)	2.81

**Características del Concreto**

Cemento (kg/m3)	140
Relacion A/C	1.04

**Dosificación de Diseño de Mezcla**

Diseño	Seco		Volumen	Correccion	Corregido		Unidad
	kg/m3	SSS kg/m3			kg/m3	0.074	
Cemento	140	140	50		140	10.360	kilos
Arena (¼"-0.0")	881	892	331	25	917	67.855	kilos
Arena fina	0	0	0	0	0	0.000	kilos
Grava 1 (¾"-¼")	586	595	223	1	595	44.045	kilos
Grava 2 (2"-¾")	627	637	240	-8	629	46.557	kilos
Agua	176	145	145		127.11	9.406	litros
Plastiment CCR Plus	2.10	2.10	1.59		2.10	0.155	kilos
Aditivo 2	0.00	0.00	0.00		0.00	0.000	kilos
Aditivo 3	0.00	0.00	0.00		0.000	0.000	kilos
Vol. Pasta			206				
Vol. Aire			10				
Áridos		2123.42	793.59				
<b>PESO TOTAL</b>	<b>2411</b>	<b>2411</b>	<b>1000</b>	<b>18</b>	<b>2411</b>		

Observaciones:

**REVISADO POR:**

Nombre:	Williams Sandoval
Firma:	<i>[Signature]</i>
Fecha (dd/mm/aa):	17/03/2021





### DOSIFICACION DE DISEÑO DE CCR EN LABORATORIO

OBRA:

"Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas, Moquegua"

Tipo de concreto:

CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO

N° Reporte : DCCR-140-3

Código de diseño:

CCR-140-2

Fecha: 19/03/2020

Resistencia a compresión a 90 días,  $f_c$  (MPa):

14

Tiempo VeBe: 25 - 35

Realizado por : Williams Sandoval

Relación agua/cemento (estado SSS):

1.04

Contenido de aire: -

#### VOLUMEN DE LA TANDA 74 LITROS

#### TEMPERATURA DE INSUMOS

Cemento	10.360	kg
Arena (1/4"-0.0")	67.855	kg
Arena fina	0.00	kg
Grava 1 (3/4"-1/4")	44.045	kg
Grava 2 (2"-3/4")	46.557	kg
Agua	9.406	L
Plastiment CCR Plus	0.155	kg
Aditivo 2	0.000	kg
Aditivo 3	0.000	kg

9.9 °C
6.9 °C
-
7.8 °C
7.7 °C
8.2 °C
8.8 °C
-
-

#### CARACTERISTICAS DEL CCR EN ESTADO FRESCO

TEMP. (°C)		CONSISTENCIA	CONTENIDO DE	P.U. Teórico	P.U. Real	RENDIMIENTO	Pasta	Tiempo de fraguado (min)	
Amb.	Concr.	(seg)	Aire (%)	(kg/m³)	(kg/m³)	Vol.	(%)	Inicia	Final
22.4	12.7	29	1.4	2411	2436	1.01	26.31		

#### PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE

DESCRIPCIÓN	UND	RESULTADOS MUESTRA 1	PORCENTAJE DE COMPACTACION
Peso del recipiente + muestra	(kg)	20.555	
Peso del recipiente	(kg)	3.371	
Peso de la muestra	(kg)	17.184	
Volumen del recipiente	(m³)	7.054	(P.U.M./ P.U.T.)x100
Peso unitario real	(kg/m³)	2436	101.06
Contenido de Aire	(%)	1.4	
DTLA	(kg/m³)	2471	

#### CONSISTENCIA VeBe

DESCRIPCIÓN	UND	RESULTADOS MUESTRA 1	RESULTADOS MUESTRA 2
Hora de muestreo	(hrs)	10:10	
Tiempo VeBe	(s)	29	
Temperatura ambiente	(°C)	22.4	
Temperatura del CCR	(°C)	12.7	

#### PESO UNITARIO (Equipo VeBe)

DESCRIPCIÓN	UND	RESULTADOS MUESTRA 1	PORCENTAJE DE COMPACTACION
Peso del recipiente + muestra	(kg)	21.994	(Peso Unitario VeBe/P.U.T.)x100
Peso del recipiente	(kg)	8.504	100.26
Volumen de la olla	(cm³)	9.025	
Peso de la muestra	(kg)	13.490	
Volumen del agua	(cm³)	3.443	
Volumen real	(cm³)	5.582	
Peso unitario real	(kg/m³)	2417	

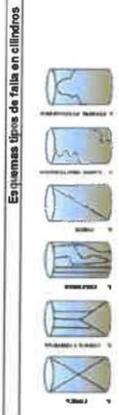
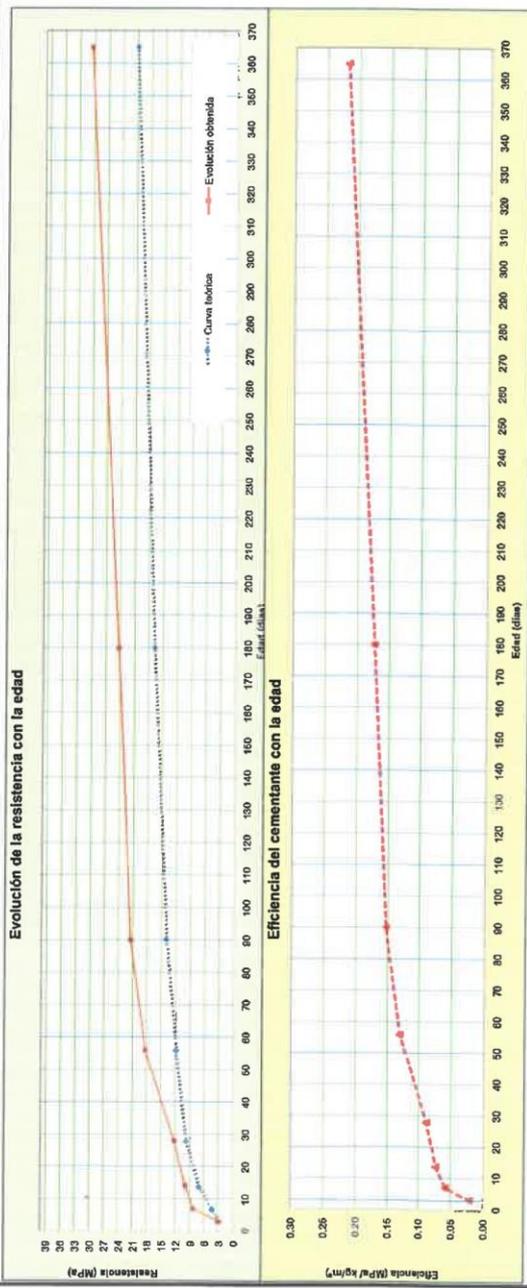
Observaciones:

REVISADO POR:

Nombre:	Williams Sandoval
Firma:	
Fecha (dd/mm/aa):	17/05/2021



N° de Pruebas	Descripción	Empresa	Concreto	f <sub>c</sub> Diseño (MPa)	Fecha		Escala días	Peso (g)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Carga máxima		MPa	Resistencia de rotura		Rango entre pares de cilindros (MPa)	Criterio <10% diferencia	5 entre pares de cilindros (MPa)	Evolución (%) Ver Nota	P.U. Real (kg/m <sup>3</sup> ):	Aire Incorporado	T.M.C	Marca	Tiempo Verificación	Tipo de falla								
					Módulo	Rotura							MPa	MPa		MPa	MPa																		
A	Diseño de Concreto compactado con rodillo (CCR) con 140 Kg/m <sup>3</sup> de Cemento y 145 L/m <sup>3</sup> de agua	M&P CONSTRUCCIÓN	Concreto	14	19-Mar-20	22-Mar-20	3	13355	30.32	15.23	182.18	2402	54.2	5,527	3.0	2.8	0.2	0.02	140	140	0.2	20%	2438				3								
B																												13341	30.44	15.24	182.41	2403	48.2	4,915	2.6
C																												13350	30.38	15.24	182.41	2410	154.1	15,710	8.4
D																												13409	30.36	15.23	182.18	2424	142.3	14,512	7.8
E																												13441	30.32	15.27	183.13	2421	160.1	18,387	9.8
F																												13431	30.35	15.26	182.80	2420	191.1	19,488	10.4
G																												13424	30.48	15.30	183.85	2365	228.7	23,323	12.4
H																												13389	30.50	15.28	183.37	2396	217.1	22,140	11.8
I																												13436	30.47	15.29	182.90	2411	348.3	36,520	19.0
J																												13384	30.48	15.27	183.13	2400	321.0	32,736	17.5
K																												13425	30.55	15.19	180.50	2435	396.8	40,486	22.0
L																												13388	30.50	15.15	180.27	2436	377.3	38,477	20.9
M																												13423	30.51	15.18	180.88	2433	452.6	48,158	25.0
N																												13388	30.50	16.20	181.46	2438	427.0	43,545	23.5
O																												13402	30.33	15.17	180.74	2445	554.1	58,507	30.7
P																												13448	30.31	15.21	181.70	2442	546.1	55,987	30.2



NOTA: \* Evolución estimada con base en la resistencia teórica a 90 días.  
\* Se estima un 30% de evolución adicional, pasados lo 90 días de edad, para la cámara de curado ecologado.

Observaciones: Resistencia a 365 días con curado ecologado

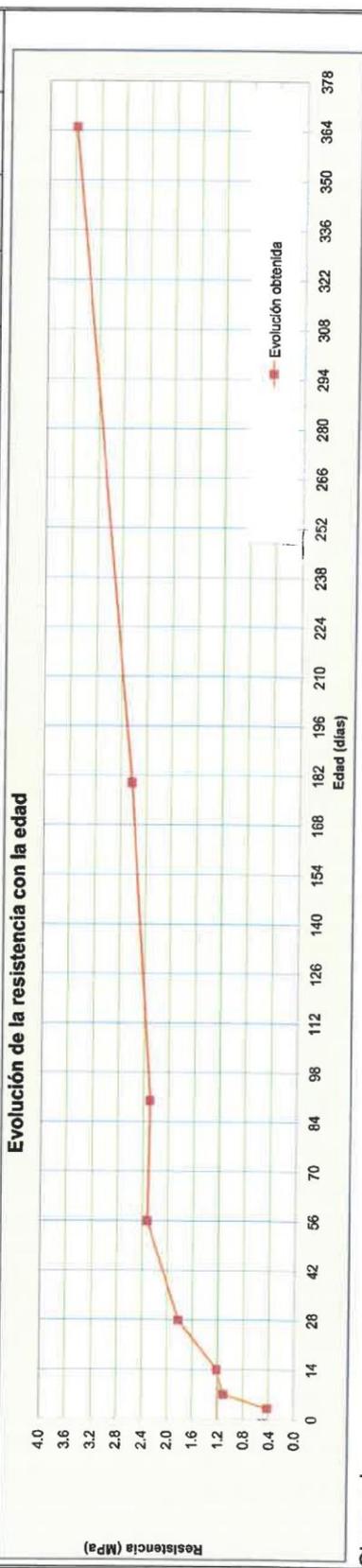
REVISADO POR: *Horacio Oliver Cabanillas*  
 Nombre: *Horacio Oliver Cabanillas*  
 Firma: *[Signature]*  
 Fecha (dd/mm/aa): *18/09/2020*

JEFE DE LABORATORIO

**MOTAFENSI PERU S.A.**  
**PERCY HINOJOSA BROCOB**  
 JEFE DE LABORATORIO

Obra: **"Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas, Moquegua"**
Código: **2436**

N° de Probetas	Descripción	Empresa Concretera	Fc Diseño a 90d (MPa)	Fecha		Edad días	Peso (g)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Altura x Diámetro (cm)	Densidad (kg/m³)	Carga máxima		Resistencia de rotura (MPa)	P.U. Real (kg/m³)	T °C		Tiempo Vebe (s)	
				Moldeo	Rotura							kN	kgf			Amb	Mezcla		
A	Diseño de Concreto compactado con rodillo (CCR) con 140 Kg/m³ de Cemento y 145 L/m³ de agua	MEP CONSTRUCCIÓN	14	19-Mar-20	22-Mar-20	3	13402	30.55	15.24	465.58	2405	30.5	3,110	0.42	140	22.4			29
B			14	19-Mar-20	26-Mar-20	7	13445	30.38	15.26	463.60	2420	80.6	8,223	1.11		12.7			
C			14	19-Mar-20	2-Abr-20	14	13414	30.37	15.24	462.84	2421	88.2	8,995	1.21					
D			14	19-Mar-20	16-Abr-20	28	13336	30.46	15.29	465.73	2384	133.0	13,563	1.82					
E			14	19-Mar-20	14-May-20	56	13344	30.45	15.28	465.28	2390	170.0	17,337	2.33					
F			14	19-Mar-20	17-Jun-20	90	13528	30.60	15.16	463.90	2449	167.3	17,061	2.30					
G			14	19-Mar-20	15-Set-20	180	13520	30.45	15.15	461.32	2463	189.8	19,356	2.62					
H			14	19-Mar-20	Curado Acelerado	365	13289	30.29	15.26	462.23	2399	259.8	26,494	3.58					



Observaciones: Resistencia a 365 días con curado acelerado

REVISADO POR: Nombre: <i>Tomás Oliva Colanillo</i> Firma: <i>[Signature]</i> Fecha (dd/mm/aa): <i>17/09/2020</i>	JEFE DE LABORATORIO  PERCY HINOJOSA BROCOS JEFE DE LABORATORIO
---	---



## DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ASTM C 469/ 469M - 14

K-CC1-101-QA-ENS-043-4

4/07/2019

Obra:

"Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas, Moquegua"

Código:

Tipo de concreto: Diseño de Concreto Compactado con Rodillo (CCR)

Código muestra: CCR-140-1

Resistencia diseño: 14 Mpa

Código de Diseño: DCCR-140-3

Edad (días): 3 Días

Realizado Por: Hector Huamani S.

Fecha de vaciado: 19/03/2020

Fecha de ensayo: 22/03/2020

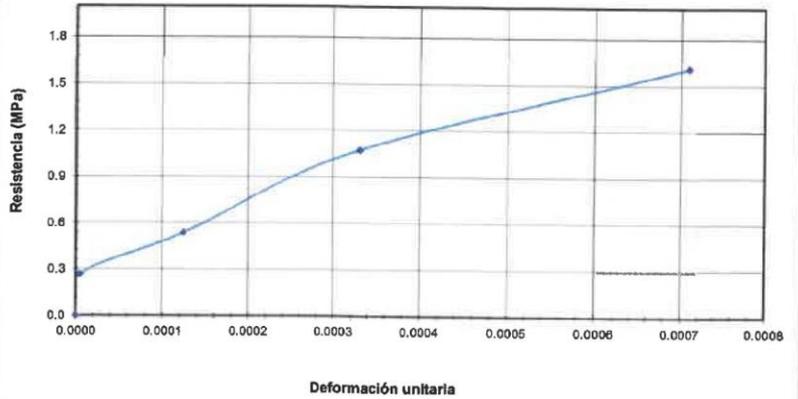
**DATOS PROBETA:**

Altura	30.44 cm
Diámetro	15.24 cm
Área	182.41 cm <sup>2</sup>
Volumen	5,552.70 cm <sup>3</sup>
Altura Collarín	20.00 cm
Carga en la falla	29.4 kN

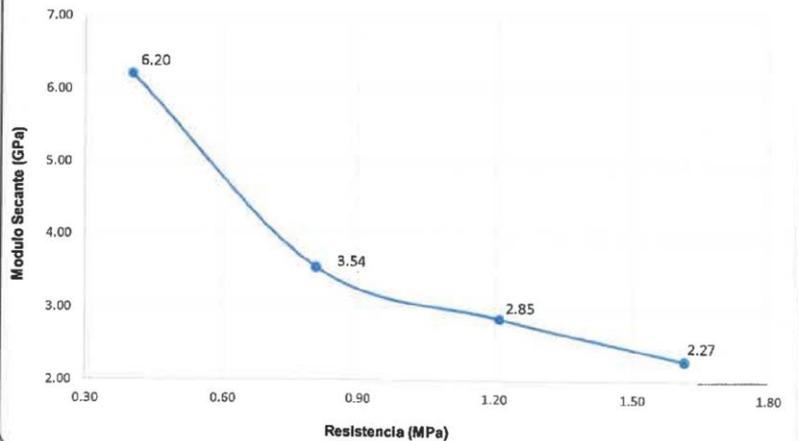
No.	CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN AXIAL		ESFUERZO MPa
	(KN)	TOTAL (mm)	UNITARIA, ε		
1	0.00	0.0000	0.00000	0.00	
2	4.90	0.0010	0.00001	0.27	
3	9.81	0.0250	0.00013	0.54	
4	19.61	0.0660	0.00033	1.08	
5	29.42	0.1420	0.00071	1.61	

RESISTENCIA %	RESISTENCIA MPa	MODULO SECANTE GPa
25.00	0.40	6.20
50.00	0.81	3.54
75.00	1.21	2.85
100.00	1.61	2.27

Resistencia a la Compresión Vs Deformación Unitaria



Modulo Secante vs Resistencia a la Compresión



Observaciones:

REVISADO POR:

TÉCNICO DE LABORATORIO

JEFE DE LABORATORIO

Nombre:

Hector Huamani S.

Firma:

MOTA ENCI PERU S.A.  
ENTIDAD SIN FINES DE GANANCIA  
  
PERCY HINOJOSA BROCOS  
JEFE DE LABORATORIO

Fecha:

22-03-2020

22/03/2020



# DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ASTM C 469/ 469M - 14

K-CC1-101-QA-ENS-043-4

4/07/2019

Obra:

"Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas, Moquegua"

Código:

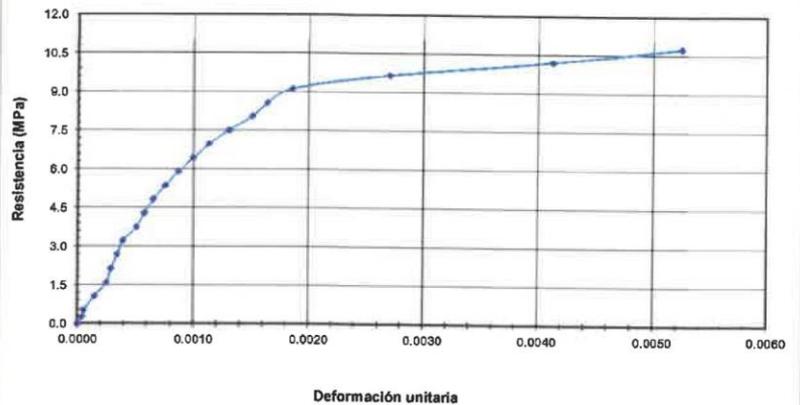
Tipo de concreto: **Diseño de Concreto Compactado con Rodillo (CCR)**Código muestra: **CCR-140-1**Resistencia diseño: **14 Mpa**Código de Diseño: **DCCR-140-3**Edad (días): **7 Días**Realizado Por: **Hector Huamani S.**Fecha de vaciado: **19/03/2020**Fecha de ensayo: **26/03/2020****DATOS PROBETA:**

Altura	30.44 cm
Diámetro	15.24 cm
Area	182.41 cm <sup>2</sup>
Volumen	5,552.70 cm <sup>3</sup>
Altura Collarín	20.00 cm
Carga en la falla	196.1 kN

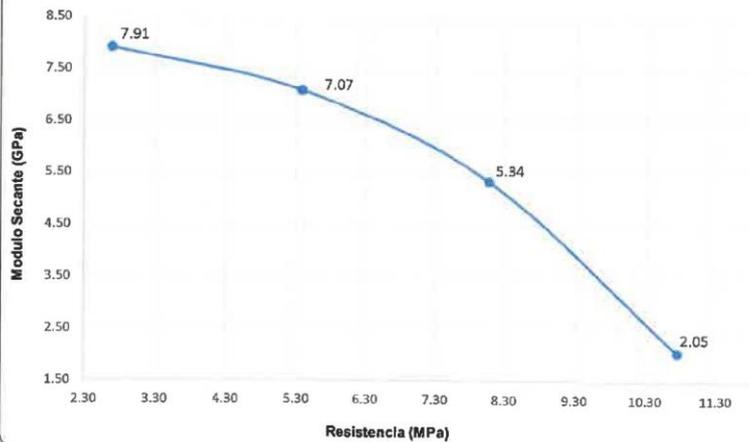
No.	CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN AXIAL		ESFUERZO
	(KN)	TOTAL (mm)	UNITARIA, $\epsilon$	MPa	
1	0.00	0.0000	0.00000	0.00	
2	4.90	0.0090	0.00005	0.27	
3	9.81	0.0110	0.00006	0.54	
4	19.61	0.0300	0.00015	1.08	
5	29.42	0.0500	0.00025	1.61	
6	39.23	0.0580	0.00029	2.15	
7	49.03	0.0680	0.00034	2.69	
8	58.84	0.0780	0.00039	3.23	
9	68.65	0.1020	0.00051	3.76	
10	78.45	0.1160	0.00058	4.30	
11	88.26	0.1320	0.00066	4.84	
12	98.07	0.1520	0.00076	5.38	
13	107.87	0.1740	0.00087	5.91	
14	117.68	0.2000	0.00100	6.45	
15	127.49	0.2280	0.00114	6.99	
16	137.30	0.2620	0.00131	7.53	
17	147.10	0.3020	0.00151	8.06	
18	156.91	0.3290	0.00165	8.60	
19	166.72	0.3720	0.00186	9.14	
20	176.52	0.5410	0.00271	9.68	
21	186.33	0.8240	0.00412	10.22	
22	196.14	1.0480	0.00524	10.75	

RESISTENCIA %	RESISTENCIA MPa	MODULO SECANTE GPa
25.00	2.69	7.91
50.00	5.38	7.07
75.00	8.06	5.34
100.00	10.75	2.05

Resistencia a la Compresión Vs Deformación Unitaria



Modulo Secante vs Resistencia a la Compresión



Observaciones:

REVISADO POR:	TÉCNICO DE LABORATORIO	JEFE DE LABORATORIO
Nombre:	Hector Huamani S.	
Firma:		
Fecha:	26-03-2020	26/03/2020

MOTA-ENGIN PERU S.A.  
CONTRATO #100-R-CC1-101  
**PERCY HINOJOSA BROCOS**  
JEFE DE LABORATORIO



## DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ASTM C 469/ 469M - 14

K-CC1-101-QA-ENS-043-4

4/07/2019

Obra:

"Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas, Moquegua

Código:

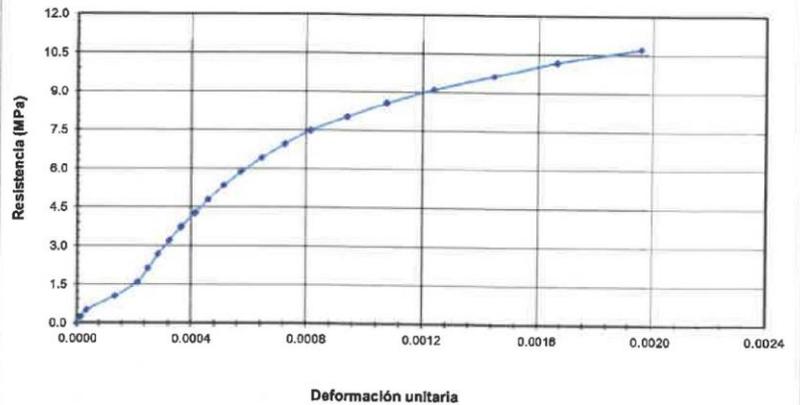
Tipo de concreto: **Diseño de Concreto Compactado con Rodillo (CCR)**Código muestra: **CCR-140-1**Resistencia diseño: **14 Mpa**Código de Diseño: **DCCR-140-3**Edad (días): **14 Días**Realizado Por: **Hector Huamani S.**Fecha de vaciado: **19/03/2020**Fecha de ensayo: **2/04/2020****DATOS PROBETA:**

Altura	30.35 cm
Diámetro	15.26 cm
Área	182.89 cm <sup>2</sup>
Volumen	5,550.83 cm <sup>3</sup>
Altura Collarín	20.00 cm
Carga en la falla	196.1 kN

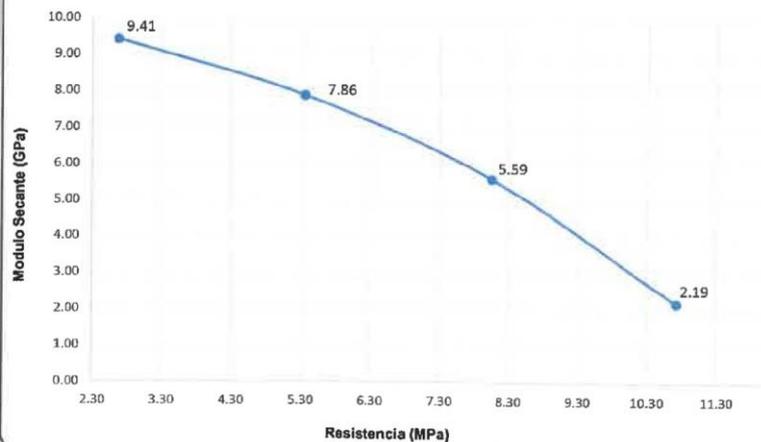
No.	CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN AXIAL		ESFUERZO
	(KN)	TOTAL (mm)	UNITARIA, ε	MPa	
1	0.00	0.0000	0.00000	0.00	
2	4.90	0.0030	0.00002	0.27	
3	9.81	0.0070	0.00004	0.54	
4	19.61	0.0270	0.00014	1.07	
5	29.42	0.0430	0.00022	1.61	
6	39.23	0.0500	0.00025	2.14	
7	49.03	0.0570	0.00029	2.68	
8	58.84	0.0650	0.00033	3.22	
9	68.65	0.0730	0.00037	3.75	
10	78.45	0.0830	0.00042	4.29	
11	88.26	0.0920	0.00046	4.83	
12	98.07	0.1030	0.00052	5.36	
13	107.87	0.1150	0.00058	5.90	
14	117.68	0.1290	0.00065	6.43	
15	127.49	0.1450	0.00073	6.97	
16	137.30	0.1630	0.00082	7.51	
17	147.10	0.1880	0.00094	8.04	
18	156.91	0.2150	0.00108	8.58	
19	166.72	0.2480	0.00124	9.12	
20	176.52	0.2890	0.00145	9.65	
21	186.33	0.3330	0.00167	10.19	
22	196.14	0.3920	0.00196	10.72	

RESISTENCIA %	RESISTENCIA MPa	MODULO SECANTE GPa
25.00	2.68	9.41
50.00	5.36	7.86
75.00	8.04	5.59
100.00	10.72	2.19

Resistencia a la Compresión Vs Deformación Unitaria



Modulo Secante vs Resistencia a la Compresión



Observaciones:

REVISADO POR:	TÉCNICO DE LABORATORIO	JEFE DE LABORATORIO
Nombre:	Hector Huamani S.	
Firma:		
Fecha:	02/04/2020	02/04/2020

**MOTA ENGI PERU S.A.**  
**PERCY HINOJOSA BROCOS**  
 JEFE DE LABORATORIO



## DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ASTM C 469/ 469M - 14

K-CC1-101-QA-ENS-043-4

4/07/2019

Obra:

"Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas, Moquegua

Código:

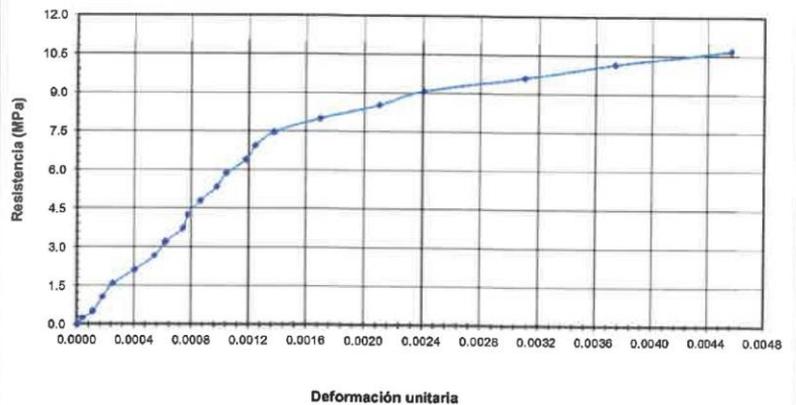
Tipo de concreto: **Diseño de Concreto Compactado con Rodillo (CCR)**Código muestra: **CCR-140-1**Resistencia diseño: **14 Mpa**Código de Diseño: **DCCR-140-3**Edad (días): **28 Días**Realizado Por: **Jesús Brocos P.**Fecha de vaciado: **19/03/2020**Fecha de ensayo: **16/04/2020****DATOS PROBETA:**

Altura	30.50 cm
Diámetro	15.28 cm
Área	183.37 cm <sup>2</sup>
Volumen	5,592.89 cm <sup>3</sup>
Altura Collarín	20.00 cm
Carga en la falla	205.9 kN

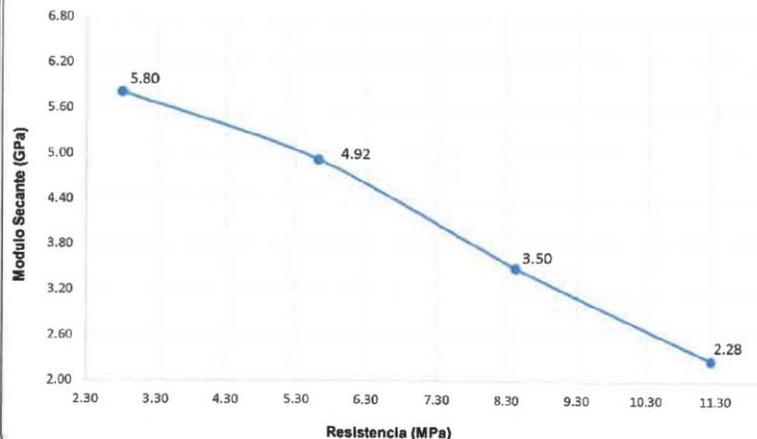
No.	CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN AXIAL		ESFUERZO
	(KN)	TOTAL (mm)	UNITARIA, ε	MPa	
1	0.00	0.0000	0.00000	0.00	
2	4.90	0.0080	0.00004	0.27	
3	9.81	0.0220	0.00011	0.53	
4	19.61	0.0350	0.00018	1.07	
5	29.42	0.0500	0.00025	1.60	
6	39.23	0.0810	0.00041	2.14	
7	49.03	0.1080	0.00054	2.67	
8	58.84	0.1230	0.00062	3.21	
9	68.65	0.1480	0.00074	3.74	
10	78.45	0.1550	0.00078	4.28	
11	88.26	0.1730	0.00087	4.81	
12	98.07	0.1960	0.00098	5.35	
13	107.87	0.2090	0.00105	5.88	
14	117.68	0.2370	0.00119	6.42	
15	127.49	0.2500	0.00125	6.95	
16	137.30	0.2760	0.00138	7.49	
17	147.10	0.3400	0.00170	8.02	
18	156.91	0.4210	0.00211	8.56	
19	166.72	0.4820	0.00241	9.09	
20	176.52	0.6210	0.00311	9.63	
21	186.33	0.7470	0.00374	10.16	
22	196.14	0.9130	0.00457	10.70	
23	205.94	0.9860	0.00493	11.23	

RESISTENCIA %	RESISTENCIA MPa	MODULO SECANTE GPa
25.00	2.81	5.80
50.00	5.62	4.92
75.00	8.42	3.50
100.00	11.23	2.28

Resistencia a la Compresión Vs Deformación Unitaria



Modulo Secante vs Resistencia a la Compresión



Observaciones:

REVISADO POR:	TÉCNICO DE LABORATORIO	JEFE DE LABORATORIO
Nombre:	Jesús Brocos P.	
Firma:		
Fecha:	16/04/20	16/04/2020

MOTA-ENGIL PERU S.A.  
 CONTRATO 010004-CC1-101  
**PERCY HINOJOSA BROCOS**  
 JEFE DE LABORATORIO



# DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ASTM C 469/ 469M - 14

K-CC1-101-QA-ENS-043-4

4/07/2019

Obra:

"Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas, Moquegua"

Código:

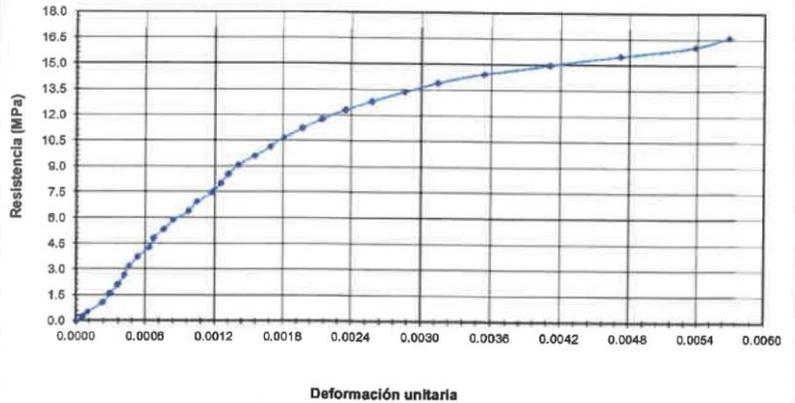
Tipo de concreto: **Diseño de Concreto Compactado con Rodillo (CCR)**Código muestra: **CCR-140-1**Resistencia diseño: **14 Mpa**Código de Diseño: **DCCR-140-3**Edad (días): **56 Días**Realizado Por: **Jesús Brocos P.**Fecha de vaciado: **19/03/2020**Fecha de ensayo: **14/05/2020****DATOS PROBETA:**

Altura	30.48 cm
Diámetro	15.27 cm
Área	183.13 cm <sup>2</sup>
Volumen	5,581.91 cm <sup>3</sup>
Altura Collarín	20.00 cm
Carga en la falla	304.0 kN

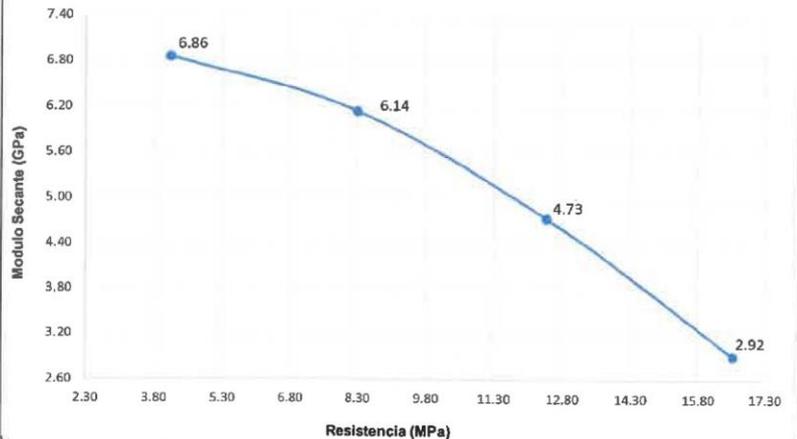
No.	CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN AXIAL		ESFUERZO
	(KN)	TOTAL (mm)	UNITARIA, $\epsilon$	MPa	
1	0.00	0.0000	0.00000	0.00	
2	4.90	0.0110	0.00006	0.27	
3	9.81	0.0200	0.00010	0.54	
4	19.61	0.0460	0.00023	1.07	
5	29.42	0.0580	0.00029	1.61	
6	39.23	0.0710	0.00036	2.14	
7	49.03	0.0820	0.00041	2.68	
8	58.84	0.0910	0.00046	3.21	
9	68.65	0.1060	0.00053	3.75	
10	78.45	0.1260	0.00063	4.28	
11	88.26	0.1340	0.00067	4.82	
12	98.07	0.1510	0.00076	5.36	
13	107.87	0.1680	0.00084	5.89	
14	117.68	0.1950	0.00098	6.43	
15	127.49	0.2090	0.00105	6.96	
16	137.30	0.2360	0.00118	7.50	
17	147.10	0.2510	0.00126	8.03	
18	156.91	0.2640	0.00132	8.57	
19	166.72	0.2820	0.00141	9.10	
20	176.52	0.3100	0.00155	9.64	
21	186.33	0.3380	0.00169	10.18	
22	196.14	0.3620	0.00181	10.71	
23	205.94	0.3950	0.00198	11.25	
24	215.75	0.4290	0.00215	11.78	
25	225.56	0.4700	0.00235	12.32	
26	235.36	0.5150	0.00258	12.85	
27	245.17	0.5720	0.00286	13.39	
28	254.98	0.6290	0.00315	13.92	
29	264.78	0.7090	0.00355	14.46	
30	274.59	0.8210	0.00411	15.00	
31	284.40	0.9440	0.00472	15.53	
32	294.20	1.0760	0.00538	16.07	
33	304.01	1.1380	0.00569	16.60	

RESISTENCIA %	RESISTENCIA MPa	MODULO SECANTE GPa
25.00	4.15	6.86
50.00	8.30	6.14
75.00	12.45	4.73
100.00	16.60	2.92

Resistencia a la Compresión Vs Deformación Unitaria



Modulo Secante vs Resistencia a la Compresión



Observaciones:

REVISADO POR:

TÉCNICO DE LABORATORIO

JEFE DE LABORATORIO

Nombre:

Jesús Brocos P.

Firma:

**MOTA-ENH PERUSA**  
CORPORATIVO PERU S.A.  
  
**PERCY HINOJOSA BROCOS**  
JEFE DE LABORATORIO

Fecha:

14/05/20

14/05/2020



## DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ASTM C 469/ 469M - 14

K-CC1-101-QA-ENS-043-4

4/07/2019

Obra:

"Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas, Moquegua"

Código:

Tipo de concreto: **Diseño de Concreto Compactado con Rodillo (CCR)**

Código muestra: **CCR-140-1**

Resistencia diseño: **14 Mpa**

Código de Diseño: **DCCR-140-3**

Resistencia diseño: **90 Días**

Realizado Por: **Percy Gusmán P.**

Fecha de vaciado: **19/03/2020**

Fecha de ensayo: **17/06/2020**

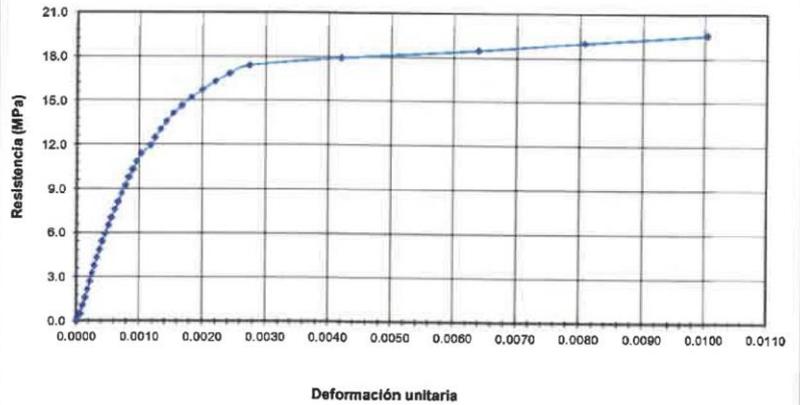
**DATOS PROBETA:**

Altura	30.50 cm
Diámetro	15.15 cm
Área	180.27 cm <sup>2</sup>
Volumen	5,498.13 cm <sup>3</sup>
Altura Collarín	20.00 cm
Carga en la falla	353.0 kN

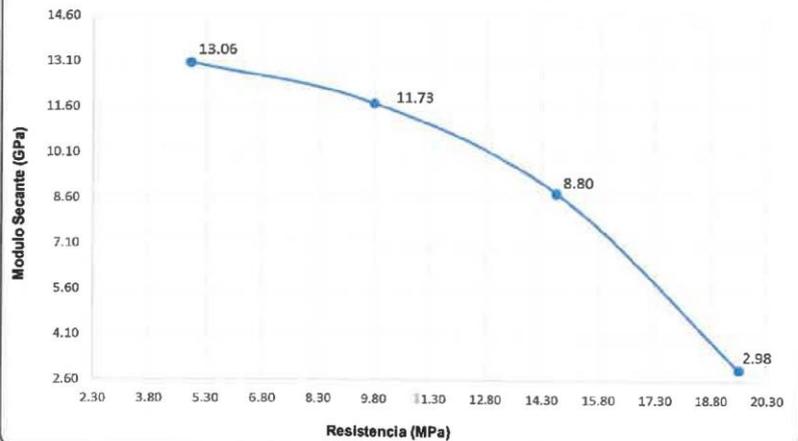
No.	CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN AXIAL		ESFUERZO
	(KN)	TOTAL (mm)	UNITARIA, ε	MPa	
1	0.00	0.0000	0.00000	0.00	
2	4.90	0.0030	0.00002	0.27	
3	9.81	0.0130	0.00007	0.54	
4	19.61	0.0200	0.00010	1.09	
5	29.42	0.0280	0.00014	1.63	
6	39.23	0.0350	0.00018	2.18	
7	49.03	0.0430	0.00022	2.72	
8	58.84	0.0510	0.00026	3.26	
9	68.65	0.0580	0.00029	3.81	
10	78.45	0.0660	0.00033	4.35	
11	88.26	0.0750	0.00038	4.90	
12	98.07	0.0830	0.00042	5.44	
13	107.87	0.0930	0.00047	5.98	
14	117.68	0.1030	0.00052	6.53	
15	127.49	0.1120	0.00056	7.07	
16	137.30	0.1230	0.00062	7.62	
17	147.10	0.1330	0.00067	8.16	
18	156.91	0.1440	0.00072	8.70	
19	166.72	0.1560	0.00078	9.25	
20	176.52	0.1670	0.00084	9.79	
21	186.33	0.1790	0.00090	10.34	
22	196.14	0.1920	0.00096	10.88	
23	205.94	0.2050	0.00103	11.43	
24	215.75	0.2340	0.00117	11.97	
25	225.56	0.2490	0.00125	12.51	
26	235.36	0.2670	0.00134	13.06	
27	245.17	0.2850	0.00143	13.60	
28	254.98	0.3080	0.00154	14.15	
29	264.78	0.3340	0.00167	14.69	
30	274.59	0.3650	0.00183	15.23	
31	284.40	0.3990	0.00200	15.78	
32	294.20	0.4400	0.00220	16.32	
33	304.01	0.4850	0.00243	16.87	
34	313.82	0.5490	0.00275	17.41	
35	323.62	0.8400	0.00420	17.95	
36	333.43	1.2800	0.00640	18.50	
37	343.24	1.6150	0.00808	19.04	
38	353.05	2.0090	0.01005	19.59	

RESISTENCIA %	RESISTENCIA MPa	MODULO SECANTE GPa
25.00	4.90	13.06
50.00	9.79	11.73
75.00	14.69	8.80
100.00	19.59	2.98

Resistencia a la Compresión Vs Deformación Unitaria



Modulo Secante vs Resistencia a la Compresión



Observaciones:

REVISADO POR:

TÉCNICO DE LABORATORIO

JEFE DE LABORATORIO

Nombre:

*Jessy Baez P.*

Firma:

*[Handwritten Signature]*

**MOTA-ENGL PERU S.A.**  
CENTRO TECNOLÓGICO  
**PERCY HINOJOSA BROCOS**  
JEFE DE LABORATORIO

Fecha:

*17/06/20*

*17/06/2020*



# DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

## ASTM C 469/ 469M - 14

K-CC1-101-QA-ENS-043-4

4/07/2019

Obra:

"Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas, Moquegua"

Código:

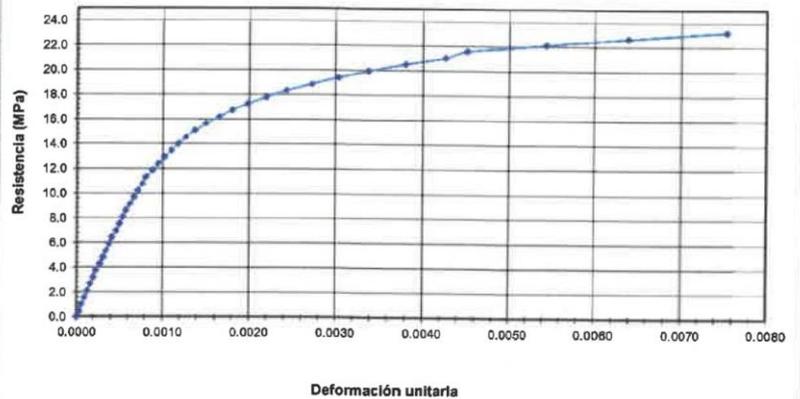
Tipo de concreto: **Diseño de Concreto Compactado con Rodillo (CCR)**Código muestra: **CCR-140-1**Resistencia diseño: **14 Mpa**Código de Diseño: **DCCR-140-3**Edad (días): **180 Días**Realizado Por: **Percy Guzmán P.**Fecha de vaciado: **19/03/2020**Fecha de ensayo: **15/09/2020****DATOS PROBETA:**

Altura	30.50 cm
Diámetro	15.20 cm
Área	181.46 cm <sup>2</sup>
Volumen	5,534.48 cm <sup>3</sup>
Altura Collarín	20.00 cm
Carga en la falla	421.7 kN

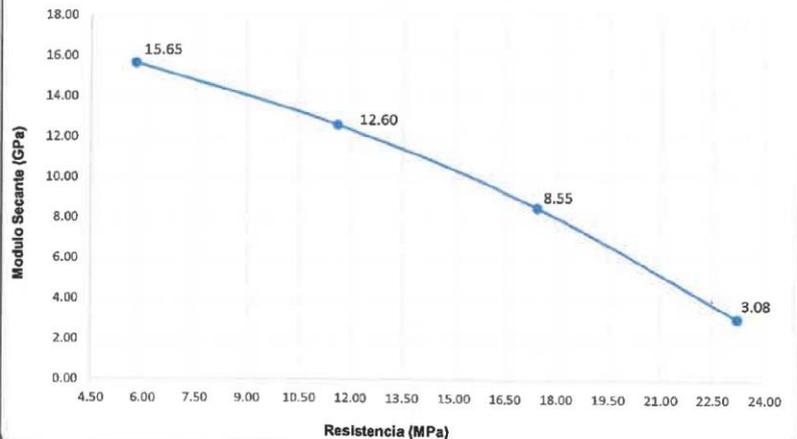
No.	CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN AXIAL		ESFUERZO
	(KN)	TOTAL (mm)	UNITARIA, $\epsilon$	MPa	
1	0.00	0.0000	0.00000	0.00	
2	4.90	0.0030	0.00002	0.27	
3	9.81	0.0070	0.00004	0.54	
4	19.61	0.0120	0.00006	1.08	
5	29.42	0.0190	0.00010	1.62	
6	39.23	0.0250	0.00013	2.16	
7	49.03	0.0320	0.00016	2.70	
8	58.84	0.0400	0.00020	3.24	
9	68.65	0.0460	0.00023	3.78	
10	78.45	0.0550	0.00028	4.32	
11	88.26	0.0620	0.00031	4.86	
12	98.07	0.0690	0.00035	5.40	
13	107.87	0.0760	0.00038	5.95	
14	117.68	0.0830	0.00042	6.49	
15	127.49	0.0920	0.00046	7.03	
16	137.30	0.1000	0.00050	7.57	
17	147.10	0.1080	0.00054	8.11	
18	156.91	0.1150	0.00058	8.65	
19	166.72	0.1260	0.00063	9.19	
20	176.52	0.1340	0.00067	9.73	
21	186.33	0.1430	0.00072	10.27	
22	196.14	0.1540	0.00077	10.81	
23	205.94	0.1620	0.00081	11.35	
24	215.75	0.1770	0.00089	11.89	
25	225.56	0.1890	0.00095	12.43	
26	235.36	0.2040	0.00102	12.97	
27	245.17	0.2200	0.00110	13.51	
28	254.98	0.2360	0.00118	14.05	
29	264.78	0.2540	0.00127	14.59	
30	274.59	0.2750	0.00138	15.13	
31	284.40	0.3000	0.00150	15.67	
32	294.20	0.3300	0.00165	16.21	
33	304.01	0.3600	0.00180	16.76	
34	313.82	0.3970	0.00199	17.30	
35	323.62	0.4400	0.00220	17.84	
36	333.43	0.4860	0.00243	18.38	
37	343.24	0.5450	0.00273	18.92	
38	353.05	0.6070	0.00304	19.46	
39	362.85	0.6760	0.00338	20.00	
40	372.66	0.7600	0.00380	20.54	
41	382.47	0.8530	0.00427	21.08	
42	392.27	0.9020	0.00451	21.62	
43	402.08	1.0880	0.00544	22.16	
44	411.89	1.2770	0.00639	22.70	
45	421.69	1.5090	0.00755	23.24	

RESISTENCIA %	RESISTENCIA MPa	MODULO SECANTE GPa
25.00	5.81	15.65
50.00	11.62	12.60
75.00	17.43	8.55
100.00	23.24	3.08

Resistencia a la Compresión Vs Deformación Unitaria



Modulo Secante vs Resistencia a la Compresión



Observaciones:

REVISADO POR:	TÉCNICO DE LABORATORIO	JEFE DE LABORATORIO
Nombre:	Percy Guzmán P.	
Firma:		
Fecha:	15/09/2020	15/09/2020

MOTA-ENGIL PERU S.A.  
CONTRATO 6100-R-CC1-101

**PERCY HINOJOSA BROCOS**  
JEFE DE LABORATORIO



# DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ASTM C 469/ 469M - 14

K-CC1-101-QA-ENS-043-4

4/07/2019

Obra:

"Diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), para el cuerpo de presa Vizcachas, Moquegua"

Código:

Tipo de concreto: Diseño de Concreto Compactado con Rodillo (CCR)

Código muestra: CCR-140-1

Resistencia diseño: 14 Mpa

Código de Diseño: DCCR-140-3

Edad (días): Curado Acelerado

Realizado Por: Percy Guzmán P.

Fecha de vaciado: 19/03/2019

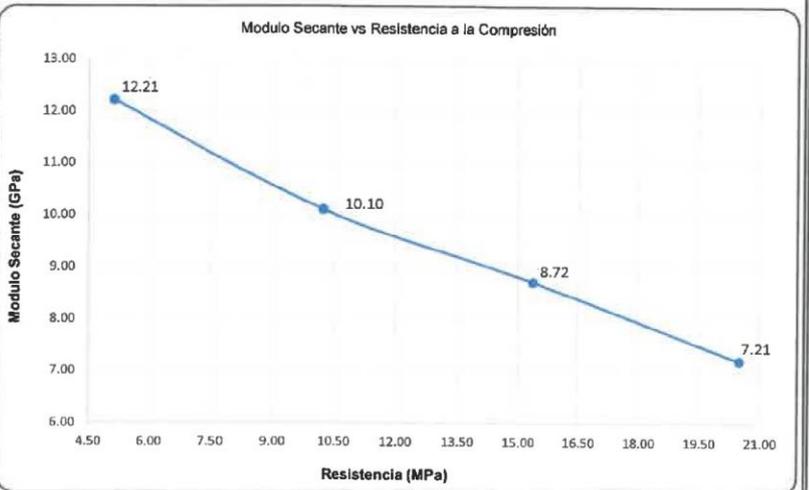
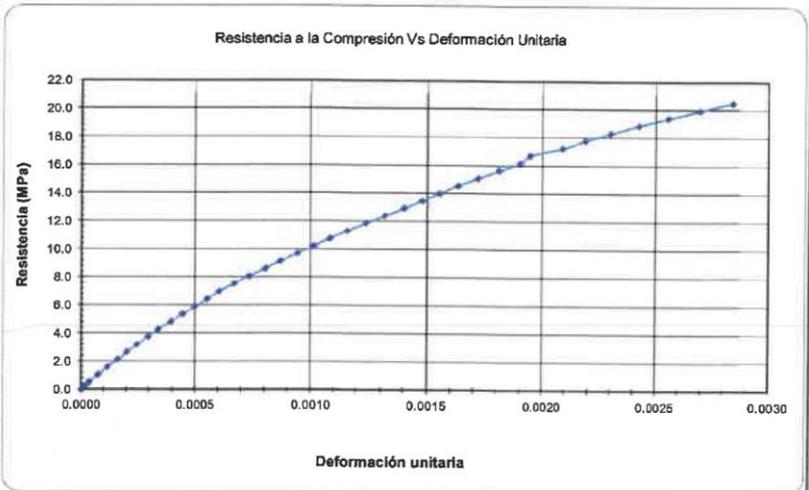
Fecha de ensayo: 8/04/2020

**DATOS PROBETA:**

Altura	30.31 cm
Diámetro	15.21 cm
Área	181.70 cm <sup>2</sup>
Volumen	5,507.24 cm <sup>3</sup>
Altura Collarín	20.00 cm
Carga en la falla	372.7 kN

No.	CARGA APLICADA (KN)	DEFORMACIÓN AXIAL		ESFUERZO MPa
		TOTAL (mm)	UNITARIA, ε	
1	0.00	0.0000	0.00000	0.00
2	4.90	0.0030	0.00002	0.27
3	9.81	0.0070	0.00004	0.54
4	19.61	0.0150	0.00008	1.08
5	29.42	0.0230	0.00012	1.62
6	39.23	0.0320	0.00016	2.16
7	49.03	0.0400	0.00020	2.70
8	58.84	0.0490	0.00025	3.24
9	68.65	0.0590	0.00030	3.78
10	78.45	0.0680	0.00034	4.32
11	88.26	0.0790	0.00040	4.86
12	98.07	0.0890	0.00045	5.40
13	107.87	0.1000	0.00050	5.94
14	117.68	0.1110	0.00056	6.48
15	127.49	0.1210	0.00061	7.02
16	137.30	0.1340	0.00067	7.56
17	147.10	0.1470	0.00074	8.10
18	156.91	0.1610	0.00081	8.64
19	166.72	0.1740	0.00087	9.18
20	176.52	0.1890	0.00095	9.72
21	186.33	0.2030	0.00102	10.26
22	196.14	0.2170	0.00109	10.80
23	205.94	0.2320	0.00116	11.34
24	215.75	0.2480	0.00124	11.88
25	225.56	0.2640	0.00132	12.41
26	235.36	0.2810	0.00141	12.95
27	245.17	0.2960	0.00148	13.49
28	254.98	0.3110	0.00156	14.03
29	264.78	0.3270	0.00164	14.57
30	274.59	0.3440	0.00172	15.11
31	284.40	0.3620	0.00181	15.65
32	294.20	0.3800	0.00190	16.19
33	304.01	0.3890	0.00195	16.73
34	313.82	0.4180	0.00209	17.27
35	323.62	0.4380	0.00219	17.81
36	333.43	0.4600	0.00230	18.35
37	343.24	0.4850	0.00243	18.89
38	353.05	0.5110	0.00256	19.43
39	362.85	0.5390	0.00270	19.97
40	372.66	0.5690	0.00285	20.51

RESISTENCIA %	RESISTENCIA MPa	MODULO SECANTE GPa
25.00	5.13	12.21
50.00	10.26	10.10
75.00	15.38	8.72
100.00	20.51	7.21



Observaciones:

REVISADO POR:	TÉCNICO DE LABORATORIO	JEFE DE LABORATORIO
Nombre:	Percy Guzmán P.	
Firma:		
Fecha:	18/09/2020	15/09/2020

MOTA ENGH PERU S.A.  
DISTRITO BICOMERCIAL

PERCY HINOJOSA BROCOS  
JEFE DE LABORATORIO

## **Anexo 4. Ensayos del agua**





## NSF Inassa

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL-DA CON  
REGISTRO N° LE-001



Registro N° LE - 001

### INFORME FINAL

**Dirección de Entrega:**

David Canelas  
Av. Nicolás Ayllón 2634  
Ate, Lima  
Lima, Peru

**Solicitante: C0211045**

Mota-Engil Perú S.A.  
Av. Nicolás Ayllón 2632, Nro. 2634  
Ate, Lima  
Lima, Peru

Resultado	Complete	Fecha de Informe	2019-01-02
Procedencia	Poza de Agua - Presa Vizcachas MEP		
Producto	Agua		
Tipo de Servicio	Análisis		
Informe de Ensayo N°	J-00320052		
Coordinador de Proyecto	Julio Manuel Zarate Vargas		

**Gracias por utilizar los servicios de NSF Inassa. Por favor, póngase en contacto con el Coordinador de Proyecto, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenecen a este informe.**

Informe Autorizado por

Fecha de Emisión 2019-01-02

Enrique Quevedo Bacigalupo  
Jefe de Laboratorio

Ing. Víctor Suárez Pérez  
Asistente de Jefe de Laboratorio.  
C.I.P N° 158244

Av. La Marina 3035-3059 San Miguel - Lima 32 PERÚ  
Tel: (511) 616-5200 Email: inassa@nsf.org Web: www.nsfinaassa.pe

**Información General**

Matriz: Agua

Solicitud de Análisis: Cotización N° 39295 (Dic-683)

Muestreado por: Cliente

Procedencia: Poza de Agua - Presa Vizcachas MEP

Referencia: MEP-001

Identificación de Laboratorio: S-0001557939  
 Tipo de Muestra: Agua Superficial  
 Identificación de Muestra: A1008/18  
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018-12-17 17:00  
 Fecha de Recepción de la Muestra: 2018-12-27  
 Fecha de Inicio de análisis: 2018-12-27

Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>		
*Aniones por Cromatografía Iónica. (Grupo A). Agua. EPA Method 300.1 Revisión 1.0. 1997. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography. (Validado)		
Cloruro	10,40	mg/L
Sulfato	70,43	mg/L
*Índice de Permanganato. Agua. ISO 8467, International Standard 1993 (E). "Determination of Permanganate Index"		
Índice De Permanganato	1,2	mg/L
*pH. Agua. EPA 150.1 600/4-79-020, Revised March 1983. pH (Electrometric)		
pH	7,0	
Alcalinidad Total. Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. 2017. Alkalinity. Titration Method		
Alcalinidad Total	41,6	mg/L
Sólidos Totales en Suspensión. Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C		
Sólidos Totales en Suspensión	5	mg/L

**Nota(s) del Informe Final:**

pH: Resultado referencial, la medición no fue realizada en el muestreo. El ensayo queda fuera del alcance de acreditación.

Cloruros y Sulfatos: Resultado referencial por envase inadecuado. El ensayo queda fuera del alcance de Acreditación.



**Ensayos realizados por:**

Ensayos realizados por:	<u>Id</u>	<u>Dirección</u>
Ensayos realizados por: →	NSF_LIMA_E	NSF Inassa, Lima, Peru Avenida La Marina 3059 San Miguel Lima, Perú

**Referencias a los Procedimientos de Ensayo:**

**Referencia Técnica**

IQ0266	Alcalinidad Total. Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. 2017. Alkalinity. Titration Method
IQ0302	*Índice de Permanganato. Agua. ISO 8467, International Standard 1993 (E). "Determination of Permanganate Index"
IQ0318	Sólidos Totales en Suspensión. Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
IQ1006	*pH. Agua. EPA 150.1 600/4-79-020, Revised March 1983. pH (Electrometric)
IQ1715	*Aniones por Cromatografía Iónica. (Grupo A). Agua. EPA Method 300.1 Revisión 1.0. 1997. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography. (Validado)

Descripciones de ensayos precedidos por un "\*" indican que los métodos no han sido acreditados por el INACAL-DA y la prueba se ha realizado según los requisitos de NSF. De no contar con el "\*" indica los parámetros asociados a esta(s) muestra(s) se encuentran dentro del alcance de la acreditación.

## **Anexo 5. Ensayos químicos de los agregados**



## INFORME DE N° 289-

Form. FPA15-1  
Revisión 01-19

**N° DE SOLICITUD** : 072/19  
**SOLICITANTE** : Mota Engil  
**DIRECCIÓN** : Av. Nicolás Ayllón N° 2634 Ate  
**TIPO DE MUESTRAS** : Agregado grueso<sup>[1]</sup>  
**PRESENTACIÓN** : En bolsa plástica  
**REFERENCIA** : SDL 104/19  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 5/04/2019  
**FECHA DE ENSAYO** : 15-24/04/2019  
**FECHA DE EMISIÓN** : 25/04/2019

### MÉTODOS:

Pág. 1 de 1

---

ASTM C142-17 Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in  
Aggregates  
NTP 400.042 Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y  
sulfatos solubles  
en agua para agregados en concreto

---

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA** : A0107/19

---

### RESULTADOS:

Terrones de Arcilla	%	0.0	ASTM C142
Cloruros, Cl	mg/Kg	<20	NTP 400.042
Sulfatos, SO <sub>4</sub> =	mg/Kg	21	NTP 400.042

### OBSERVACIONES:

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el solicitante.
2. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el solicitante y analizada en ARPL.
3. El Informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de Producto.



**INFORME DE ENSAYOS  
N° 294-AB/19**

Form. FPA15-1  
Revisión 01-19

Está totalmente prohibida la reproducción parcial de este Documento sin la autorización de ARPL Tecnología Industrial S.A

AV. Carlos Villaran 508 1° Piso, Lima 13 Perú Tef. (511) 701-7000; RUC 20100079331 correo electrónica: laboratorio@arpl.com

**N° DE SOLICITUD** : 072/19  
**SOLICITANTE** : Mota Engil  
**DIRECCIÓN** : Av. Nicolás Ayllón N° 2634 Ate  
**TIPO DE MUESTRAS** : Agregado grueso<sup>[1]</sup>  
**PRESENTACIÓN** : En bolsa plástica  
**REFERENCIA** : SDL 104/19  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 5/04/2019  
**FECHA DE ENSAYO** : 17-29/04/2019  
**FECHA DE EMISIÓN** : 29/04/2019

Pág. 1 de 1

---

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: A0107/19

---

MÉTODO: Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or ASTM C88-13 Magnesium Sulfate

---

**Inalterabilidad del agregado por MgSO4**

Tamiz	Retenido (%)	Wm antes (g)	Pas. Después (%)	Pérdida (%)
+1 1/2"	1	-	-	-
+1"	32	1034	1.3	0.4
1"-3/4"	49	521	2.1	1.0
3/4"-1/2"	17	677	2.1	0.4
1/2"-3/8"	0	-	-	-
3/8"-No.4	0	-	-	-
-No.4	1			
Total	100			2

**OBSERVACIONES:**

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el solicitante.
  
2. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el Solicitante y analizada en ARPL.
  
3. El Informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de Producto.

Está totalmente prohibida la reproducción parcial de este Documento sin la autorización de ARPL Tecnología Industrial S.A

AV. Carlos Villaran 508 1° Piso, Lima 13 Perú **Tef.** (511) 701-7000; **RUC** 20100079331 correo electrónica: laboratorio@arpl.com



ARPL Tecnología Industrial S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE – 024



Registro N° LE - 024

## INFORME DE ENSAYOS N° A070-AB/19

Form. FPA15-1  
Revisión 01-19

**N° DE SOLICITUD** : 072/19  
**SOLICITANTE** : Mota Engil  
**DIRECCIÓN** : Av. Nicolás Ayllón N° 2634 Ate  
**TIPO DE MUESTRAS** : Agregado grueso <sup>[1]</sup>  
**PRESENTACIÓN** : En bolsa plástica  
**REFERENCIA** : SDL 104/19  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 5/04/2019  
**FECHA DE ENSAYO** : 11-24/04/2019  
**FECHA DE EMISIÓN** : 25/04/2019

Pág. 1 de 2

---

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA** : A0107/19

---

### ENSAYOS - MÉTODOS:

---

ASTM C136 / C136M - 14	Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
ASTM C117 - 17, Procedimiento A	Standard Test Method for Materials Finer than 75- $\mu$ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing

---

### OBSERVACIONES:

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el solicitante.
2. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el solicitante y analizada en ARPL.
3. El Informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de Producto.

Está prohibida la reproducción parcial de este documento sin la autorización de ARPL Tecnología Industrial S.A.

AV. Carlos Villarán 508 1° piso, Lima 13; Tel.: (511) 701-7000; RUC 20100079331 correo electrónico laboratorio@arpl.com

# INFORME DE ENSAYOS

Form. FPA15-1  
Revisión 01-19

## N° A070-AB/19

**N° DE SOLICITUD**

**: 072/19**

Pág. 2 de 2

<b>RESULTADO DE ENSAYOS</b>	A0107/19	MÉTODO
Material menor a 75 µm	0.7	ASTM C117-17 Met A
Modulo de fineza	7.78	ASTM C136C136M-14

Análisis granulométrico por tamices:

Malla N°	Equivalente µm	Fracción Retenida, g	Fracción Retenida, %	Acumulado Ret, %	Acum. Pasa, %
2"	50000	0.0	0.00	0.0	100
1 1/2"	37500	147.4	1.2	1.2	99
1"	25000	4088.8	32	33.67	66
3/4"	19000	6136.4	49	82	18
1/2"	12500	2086.2	17	99	1
3/8"	9500	17.1	0	99	1
No.4	4750	3.3	0	99	1
No.8	2360	1.7	0	99	1
No.16	1180	1.2	0	99	1
No.30	600	1.4	0	99	1
No.50	300	1.5	0	99	1
No.100	150	3.0	0	99	1
No.200	75	6.7	0	99	0.7
Base		88.1	0.7	100	
Total		12582.6	100		

Método: ASTM C136/C136M-14

### OBSERVACIONES:

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el
2. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el solicitante y analizada en ARPL.
3. El Informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de Producto.



ARPL Tecnología Industrial S.A.

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE – 024**



Está prohibida la reproducción parcial de este documento sin la autorización de ARPL Tecnología Industrial S.A.

AV. Carlos Villarán 508 1° piso, Lima 13; **Tel.:** (511) 701-7000; **RUC** 20100079331 correo electrónico laboratorio@arpl.com



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

### LABORATORIO QUÍMICO FIC

### ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

SOLICITANTE: MOTA ENGLIL PERU S.A.

REGISTRO: S19-0261 / LQU19-0415

OBRA: L.003.2019

MUESTRA N°: A0107/19

REFERENCIA DE LA MUESTRA: AGREGADO GRUESO 2" (PIEDRA 50-90 mm)

PROCEDENCIA: CANTERA PELLUTA

RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 01-04-19

ANÁLISIS DE:	CARBÓN Y LIGNITO  MTC E215  %
REFERENCIA DE LA MUESTRA:  AGREGADO GRUESO 2"  (PIEDRA 50-90 mm)  MUESTRA N°:  A0107/19  PROCEDENCIA:  CANTERA PELLUTA	0,14

Lima, 09 de Abril del 2019

  
CARMEN M. REYES CUBAS  
MSc. ING. JEFA (e) DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la UNI-FIC

El Laboratorio no responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra

Av. Tupac Amaru 210, Lima 25, Perú  
Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú / Telefax: (511) 481 - 9845  
Central Telefónica: 481-1070 / Anexo: 295

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



## INFORME DE ENSAYOS N° 288-AB/19

Form. FPA15-1  
Revisión 01-19

**N° DE SOLICITUD** : 072/19  
**SOLICITANTE** : Mota Engil  
**DIRECCIÓN** : Av. Nicolás Ayllón N° 2634 Ate  
**TIPO DE MUESTRAS** : Agregado grueso <sup>[1]</sup>  
**PRESENTACIÓN** : En bolsa plástica  
**REFERENCIA** : SDL 104/19  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 5/04/2019  
**FECHA DE ENSAYO** : 15-24/04/2019  
**FECHA DE EMISIÓN** : 25/04/2019

### MÉTODOS:

Pág. 1 de 1

---

ASTM C142-17 Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in  
Aggregates  
NTP 400.042 Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y  
sulfatos solubles  
en agua para agregados en concreto

---

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA** : A0106/19

---

### RESULTADOS:

Terrones de Arcilla	%	0.0 (0.01)	ASTM C142
Cloruros, Cl	mg/Kg	<20	NTP 400.042
Sulfatos, SO <sub>4</sub> =	mg/Kg	19	NTP 400.042

### OBSERVACIONES:

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el solicitante.
2. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el solicitante y analizada en ARPL.
3. El Informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de Producto.



**INFORME DE ENSAYOS  
N° 293-AB/19**

Form. FPA15-1  
Revisión 01-19

Está totalmente prohibida la reproducción parcial de este Documento sin la autorización de ARPL Tecnología Industrial S.A

AV. Carlos Villaran 508 1° Piso, Lima 13 Perú Tef. (511) 701-7000; RUC 20100079331 correo electrónica: laboratorio@arpl.com

**N° DE SOLICITUD** : 072/19  
**SOLICITANTE** : Mota Engil  
**DIRECCIÓN** : Av. Nicolás Ayllón N° 2634 Ate  
**TIPO DE MUESTRAS** : Agregado grueso<sup>[1]</sup>  
**PRESENTACIÓN** : En bolsa plástica  
**REFERENCIA** : SDL 104/19  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 5/04/2019  
**FECHA DE ENSAYO** : 17-29/04/2019  
**FECHA DE EMISIÓN** : 29/04/2019

Pág. 1 de 1

---

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: A0106/19

---

MÉTODO: Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or  
ASTM C88-13 Magnesium Sulfate

---

**Inalterabilidad del agregado por MgSO4**

Tamiz	Retenido (%)	Wm antes (g)	Pas. Después (%)	Pérdida (%)
+1"	0	-	1.5	0.0
1"-3/4"	6	525	1.5	0.1
3/4"-1/2"	42	677	2.2	0.9
1/2"-3/8"	21	334	3.4	0.7
3/8"-No.4	25	305	7.7	1.9
-No.4	5			
Total	100			4

**OBSERVACIONES:**

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el solicitante.
2. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el Solicitante y analizada en ARPL.

### 3 . El Informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de Producto.

Está totalmente prohibida la reproducción parcial de este Documento sin la autorización de ARPL Tecnología Industrial S.A

AV. Carlos Villaran 508 1° Piso, Lima 13 Perú **Tef.** (511) 701-7000; **RUC** 20100079331 correo electrónica: laboratorio@arpl.com



INFORME DE ENSAYOS  
INFORME DE ENSAYOS  
N° A069-AB/19

Form. FPA15-1

Form. FPA15-1  
Revisión 01-19

N° DE SOLICITUD

: 072/19

Pág. 2 de 2

RESULTADO DE ENSAYOS		A0106/19	MÉTODO
Material menor a 75 µm	%	1.2	ASTM C117-17 Met A
Modulo de fineza		6.62	ASTM C136C136M-14

Análisis granulométrico por tamices:

Malla N°	Equivalente µm	Fracción Retenida, g	Fracción Retenida, %	Acumulado Ret, %	Acum. Pasa, %
1 1/2"	37500	0.0	0.0	0.0	100
1"	25000	10.7	0.1	0.1	100
3/4"	19000	546.8	6.2	6	94
1/2"	12500	3717.0	42.3	49	51
3/8"	9500	1865.5	21.2	70	30
No.4	4750	2190.5	24.9	95	5
No.8	2360	270.2	3.1	98	2
No.16	1180	23.3	0.3	98	2
No.30	600	16.1	0.2	98	2
No.50	300	15.2	0.2	98	2
No.100	150	17.2	0.2	99	1
No.200	75	18.0	0.2	99	1.2
Base		105.9	1.2	100	
Total		8796.1	100		

Método: ASTM C136/C136M-14

### OBSERVACIONES

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el solicitante.
2. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el solicitante y analizada en ARPL.
3. El Informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de Producto.

Está prohibida la reproducción parcial de este documento sin la autorización de ARPL Tecnología Industrial S.A.

AV. Carlos Villarán 508 1° piso, Lima 13; Tel.: (511) 701-7000; RUC 20100079331 correo electrónico laboratorio@arpl.com Está prohibida la reproducción parcial de este documento sin la autorización de ARPL Tecnología Industrial S.A.

AV. Carlos Villarán 508 1° piso, Lima 13; **Tel.:** (511) 701-7000; **RUC** 20100079331 correo electrónico laboratorio@arpl.com



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUÍMICO FIC

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

SOLICITANTE: MOTA ENGIL PERU S.A.

REGISTRO: S19-0261 / LQU19-0414

OBRA: L.003.2019

MUESTRA N°: A0106/19

REFERENCIA DE LA MUESTRA: AGREGADO GRUESO H67 (GRAVA DE 19 mm)

PROCEDENCIA: CANTERA PELLUTA

RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 01-04-19

ANÁLISIS DE:	CARBÓN Y LIGNITO  MTC E215  %
REFERENCIA DE LA MUESTRA:  AGREGADO GRUESO H67  (GRAVA DE 19 mm)  MUESTRA N°:  A0106/19  PROCEDENCIA:  CANTERA PELLUTA	0,12

Lima, 09 de Abril del 2019

  
CARMEN M. REYES CÚBAR  
MSc. ING. JEFA (c) DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la UNEFIC

El Laboratorio no responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra

Av. Tupac Amaru 210, Lima 25, Perú  
Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú / Telefax: (511) 481 - 9845  
Central Telefónica: 481-1070 / Anexo: 295

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



**ARPL Tecnología Industrial S.A.**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 024**



Registro N° LE - 024

**INFORME DE ENSAYOS  
N° A074-JN/18**

Formato AD-01  
Revisión 01-18

**N° DE SOLICITUD** : 108/18  
**SOLICITANTE** : Mota Engil  
**DIRECCIÓN** : Panamericana Sur Km 11, San Juan de Miraflores  
**TIPO DE MUESTRAS** : Agregado<sup>[1]</sup>  
**PRESENTACIÓN** : Fino, en bolsa plástica  
**REFERENCIA** : SDL N°197/18  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 12/06/2018  
**FECHA DE ENSAYO** : 13-22/06/2018  
**FECHA DE EMISIÓN** : 25/06/2018

**MÉTODOS:**

Pág. 1 de 2

---

ASTM C40/C40M-16	Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete
ASTM C117-17 Proc. A	Standard Test Method for Materials Finer than 75-µm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates b
ASTM C128-15	Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate
ASTM C136/C136M-14	Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates

---

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA** : A0402/18 Arena Zarandeada y Lavada para Concreto MEP-M1

---

ARPL Tecnología Industrial S.A.

  
Quim. Johanna Sulica Templo  
Jefatura de Laboratorio

**OBSERVACIONES**

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el solicitante.
2. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el cliente y analizada en ARPL.
3. El Informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de producto.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 024**



Registro N° LE - 024

**INFORME DE ENSAYOS  
N° A074-JN/18**

Formato AD-01  
Revisión 01-12

Pág. 2 de 2

RESULTADOS		A0402/18 Arena Zarandeada y Lavada para Concreto MEP-M1	MÉTODO
Impurezas orgánicas <sup>[2]</sup>	-	1	ASTM C40/C40M-16
Material mas fino 75 µm	%	1.9	ASTM C117-17 Proce. A
Gravedad Espec. Masa	-	2.54	ASTM C128-15
GEM sup. sat. seca	-	2.57	"
Grave. Esp. aparente	-	2.61	"
Absorción	%	1.2	"
Densidad OD	Kg/m <sup>3</sup>	2530	"
Modulo de fineza	-	2.76	ASTM C136/C136M-14

Análisis por tamizado (ASTM C136/C136M-14):

Tamiz N°	Equivalente µm	Fracción Retenida g	Fracción Retenida %	Acumulado Ret %	Acum. que pasa %
3/8 "	9500	0.0	0	0.0	100
N° 4	4750	4.4	1	1	99
N° 8	2360	61.5	17	18	82
N° 16	1180	63.0	17	35	65
N° 30	600	71.2	19	54	46
N° 50	300	74.3	20	75	25
N° 100	150	64.9	18	92	8
N° 200	75	21.0	6	98	1.9
Base		7.0	1.9	100	
Total		367.2	100		

ARPL Tecnología Industrial S.A.

Quim. Jocelyn Sulca Templo  
Jefe de Laboratorio

**OBSERVACIONES**

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el solicitante.
2. Interpretación: color claro, ausencia de materia orgánica.
3. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el cliente y analizada en ARPL.
4. El Informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de producto.



**INFORME DE ENSAYOS  
N° 442-JN/18**

Formato AD-01  
Revisión 01-18

**N° DE SOLICITUD** : 108/18  
**SOLICITANTE** : Mota Engil  
**DIRECCIÓN** : Av. Nicolas Ayllon 2634 Ate  
**TIPO DE MUESTRAS** : Agregado<sup>(1)</sup>  
**PRESENTACIÓN** : Fino, en bolsa plástica  
**REFERENCIA** : SDL N°197/18  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 12/06/2018  
**FECHA DE ENSAYO** : 13-25/06/2018  
**FECHA DE EMISIÓN** : 26/06/2018

**MÉTODOS:**

Pág. 1 de 2

ASTM C142-17	Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates
ASTM C123-14	Standard Test Method for Lightweight Particles in Aggregate
NTP 400.042	Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en agua para agregados en concreto
UNE 933-9	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. P9: Evaluación de los finos. Ensayo de Azul de metileno (MBF) para la fracción granulométrica
NTP 339.152	Método de ensayo para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA** : A0402/18 Arena Zarandeada y Lavada para Concreto MEP-M1

ARPL Tecnología Industrial S.A.

Quinta Avenida Púlica Temple  
Instituto de Laboratorio

**OBSERVACIONES**

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el solicitante.
2. De acuerdo a la figura X1.1 ASTM C289, donde: Sc = Concentración de SiO<sub>2</sub> y RC = Reducción en alcalinidad.
3. Método discontinuado por ASTM, sin reemplazo. Rápida indicación del potencial de reactividad alcalina que debe ser comparado con datos históricos u otros métodos ASTM para confirmar los resultados.
4. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el solicitante y analizada en ARPL.
5. El Informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de Producto.



INFORME DE ENSAYOS  
N° 442-JN/18

Formato: AG-01  
Revisión: 01-10

Pág. 2 de 2

RESULTADOS:		A0402/18 Arena Zarandeada y Lavada para Concreto MEP-M1	MÉTODO
Terrones de Arcilla	%	0.0	ASTM C142-17
Cloruros, Cl	mg/Kg	11	NTP 400.042
Sulfatos, SO <sub>4</sub> =	mg/Kg	42	NTP 400.042
Sales solubles	mg/Kg	729	NTP 359.152
Indice Azul	gAzul/100g	0.40	UNE 933-9 Anexo A
Partículas livianas (ZnCl <sub>2</sub> )	%	3.7	ASTM C123-14

ARPL Tecnología Industrial S.A.

Quim. Johanna Sulca Templo  
Ingeniera de Laboratorio

**OBSERVACIONES**

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el solicitante.
2. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el cliente y analizada en ARPL.
3. El Informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de Producto.



## INFORME DE ENSAYOS

N° 492-JL/18

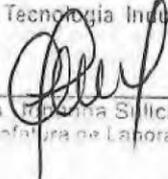
Formato AD-01  
Revisión 01-18

N° DE SOLICITUD : 108/18  
SOLICITADO POR : Mota Engil  
DIRECCIÓN : Av. Nicolas Ayllon 2634 Ate  
TIPO DE MUESTRAS : Agregado, cemento IP<sup>[1]</sup>  
PRESENTACIÓN : Fino, en bolsa plástica  
REFERENCIA : SDL N°197/18  
FECHA DE RECEPCIÓN : 12/06/2018  
FECHA DE ENSAYO : 18/06-04/07/2018  
FECHA DE EMISIÓN : 04/07/2018

Pág. 1 de 2

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	A0402/18 Arena Zarandeada y Lavada para Concreto MEP-M1
MÉTODO ASTM C1567-15	Determining the Potential Alkali-Silica Reactivity of Combinations of Cementitious Materials and Aggregate (Accelerated Mortar-Bar Method)

ARPL Tecnología Industrial S.A.

Quim.  Ma Silica Temple  
Infraestructura de Laboratorio

### OBSERVACIONES:

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el solicitante.

probablemente generarán expansiones aceptables en pruebas de concreto y tendrán un bajo riesgo de expansión deletérea en condiciones de campo. Ensayado con cemento tipo IP proporcionado por el Solicitante

3. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el cliente y analizada en ARPL

4. El Informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de Producto.



## INFORME DE ENSAYOS N° 492-JL/18

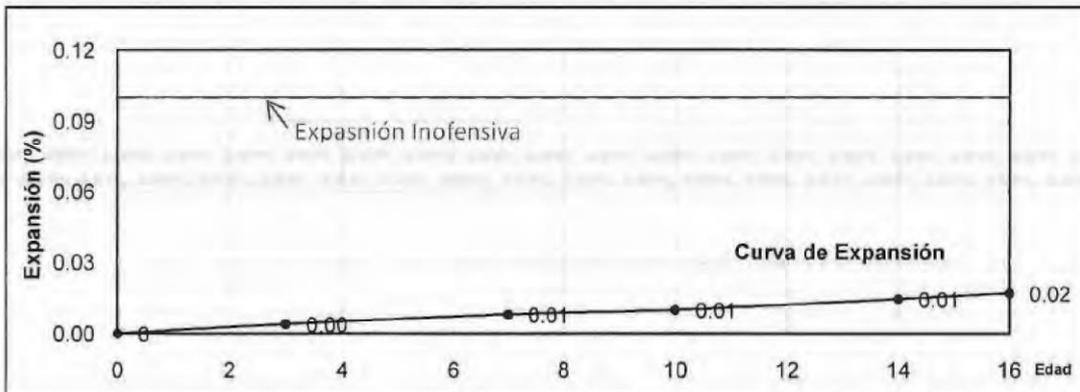
Formato AD-01  
Revisión 01-18

### RESULTADOS

Pág. 2 de 2

#### Potencial de Reacti. Alcalina

Expansión de barras	A0402/18 Arena Zarandeada y Lavada para Concreto MEP-M1- Cemento IP	MÉTODO	
Expansión Barr, 3 días	%	0.00	ASTM C1567 [2]
Expansión Barr, 7 días	%	0.01	"
Expansión Barr, 10 días	%	0.01	"
Expansión Barr, 14 días	%	0.01	"
Expansión Barr, 16 días	%	0.02	"



ARPL Tecnología Industrial S.A.

Quinta Manana Sulca Templo  
Laboratorio de Laboratorio

#### OBSERVACIONES:

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el solicitante.

probablemente generarán expansiones aceptables en pruebas de concreto y tendrán un bajo riesgo de expansión deletérea en condiciones de campo. Ensayado con cemento tipo IP proporcionado por el Solicitante

3. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el cliente y analizada en ARPL

4. El Informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de producto.



Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUÍMICO FIC

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

SOLICITANTE: MOTA ENGIL S.A.

REGISTRO: S18-517 / LQU-772

PROYECTO: L.035.2018 – CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA VIZCACHAS Y BOCATOMA TITIRE ALTA MONTAÑA

MUESTRA N°: A0402/18

REFERENCIA DE LA MUESTRA: ARENA ZARANDEADA Y LAVA PARA CONCRETO – MEP – MI

PROCEDENCIA: CANTERA PARA AGREGADOS FALCOR  
(Fecha de Muestreo: 22/05/2018)

RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 20-07-18

ANÁLISIS DE:	CARBÓN Y LIGNITO
	MTC E 215
	%
REFERENCIA DE LA MUESTRA:  ARENA ZARANDEADA Y LAVA PARA CONCRETO  MEP – MI  MUESTRA:  N° A0402/18  PROCEDENCIA:  CANTERA PARA AGREGADOS  FALCOR  (Fecha de muestreo: 22/05/18)	0,14

Lima, 25 de Julio de 2018

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
Facultad de Ingeniería Civil  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
CARMEN M. REYES  
MSc. ING. JEFA (e) DEL LABORATORIO QUÍMICO  
Laboratorio de Química de la UNI-FIC

El Laboratorio no responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra

DETERMINACION DE LA INALTERABILIDAD DE AGREGADOS MEDIANTE SULFATO DE MAGNESIO ASTM C88

PROYECTO CONSTRUCCION PRESA VIZCACHAS Y BOCATOMA TITIRE

UBICACIÓN VIZCACHAS - CARUMAS - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

SOLICITANTE MOTA ENGL PERU S.A.

3 de 5

Informe Ensayo N° 220-1-2018

Fecha Informe: 07 Junio 2018 Fecha Recepción: 01 Junio 2018

Identificación muestra Arena para concreto

Procedencia Muestra -

Tamaño max. muestra

3/8"

Muestra ensayada Agregado Fino

TAMAÑO	PESO REQUERIDO (g)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	PERDIDAS		ESCALONADO		PERDIDAS CORREGIDAS
				(g)	(%)	ORIGINAL		
3/8" a N°4	100							
N°4 a N°8	100	100.00	86.88	13.12	13.12	13.11	20.35	2.67
N°8 a N°16	100	100.00	79.36	20.64	20.64	15.17	23.55	4.86
N°16 a N°30	100	100.00	83.98	16.02	16.02	15.84	24.59	3.94
N°30 a N°50	100	100.00	89.03	10.97	10.97	19.50	30.27	3.32

PORCENTAJE DE PERDIDA	14.79
-----------------------	-------

OBSERVACIONES

El material fue proporcionado e identificada por el Solicitante.

  
**SERGEO E.I.R.L.**  
SERVICIOS & GEOTECNIA  
ROSSANA NELLY QUISPE VALENCIA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 145498

## **Anexo 6. Certificado del cemento**

**CEMENTO PORTLAND TIPO IP**

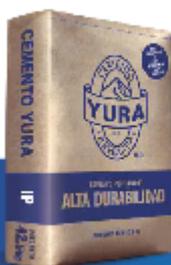
<u>REQUERIMIENTOS QUIMICOS:</u>	YURA	ASTM C 595 NTP 334.090
Óxido de Magnesio, MgO, %	1,87	6.00 Máximo
Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub> , %	1,93	4.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	2,43	5.00 Máximo

REQUERIMIENTOS FISICOS:

Peso Específico, g/cm <sup>3</sup>	2,80	No Especifica
Expansión en Autoclave, %	-0,05	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fraguado (Inicial)	201	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	263	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	4,60	12.00 Máximo
Superficie Especifica Blaine, cm <sup>2</sup> /gr	5098	No Especifica
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kgf/cm <sup>2</sup> )		Mínimo :
01 día	9,64 (98)	No Especifica
03 días	19,01 (194)	13,0 (133)
07 días	23,24 (237)	20,0 (204)
28 días	31,16 (318)	25,0 (255)

Este Documento muestra Características Típicas del Promedio Mensual de la Producción del mes de Julio del 2018 confirmando que este cemento cumple especificaciones de las normas ASTM C- 595 y NTP 334.090

**Arequipa, 04 de Agosto 2018**



  
 .....  
 Gonzalo Álvarez Cárdenas  
 Jefe de Control de Calidad  
 Yura S.A.

Planta: Cementera Yura Km. 26 - Arequipa  
 Oficina comercial: Av. General Díaz 527 - Arequipa  
 Tel.: (51 54) 495060 / 225000  
[www.yura.com.pe](http://www.yura.com.pe)

## **Anexo 7. Hoja técnica del aditivo**

# HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

## Plastiment CCR Plus PE

### ADITIVO PLASTIFICANTE Y RETARDANTE DE FRAGUADO PARA CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Plastiment® CCR Plus PE es un aditivo específicamente desarrollado para concreto compactado con rodillo.

#### USOS

Plastiment® CCR Plus PE puede usarse para:

- Extender los tiempos de fraguado de un concreto compactado con rodillo, ayudando a reducir la generación de juntas frías entre capas durante la construcción.
- Permite reducir hasta un 12% del agua de la mezcla.
- Favorece la consolidación del concreto manteniendo las características de densidad y humedad óptima aumentando resistencias mecánicas.
- Es recomendable para Concreto Compactado con Rodillo tanto de bajo como de alto contenido de cementante, indicado para la elaboración, transporte, extendido y compactado en diferentes climas.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

El aditivo Plastiment® CCR Plus PE, en concreto compactado con rodillo permite:

- Extender los tiempos de fraguado de la mezcla, aumentando el tiempo disponible para obtener una junta caliente (no requiere tratamiento superficial y/o mortero de pega).
- Ajustar los tiempos de colocación entre capas de acuerdo al proceso constructivo, reduciendo el número y el área de juntas frías.
- Disminuir el volumen de mortero de pega entre juntas.
- Aumentar la tasa de colocación del concreto y por lo tanto el avance de la obra.
- Disminuir la cantidad de agua (menor relación a/c) en la mezcla para obtener una misma consistencia.
- Mejor dispersión del cemento aumentando su eficiencia.
- Disminuir la tasa y el pico inicial de generación de calor dentro del material producido por la hidratación.

- Retardar el pico inicial de temperatura dando la posibilidad de proteger el material con una nueva capa sin que se sumen las temperaturas ambiente y el pico inicial de generación de calor en el caso de climas cálidos.
- En el concreto compactado con rodillo en estado endurecido Plastiment® CCR Plus PE permite:
  - Incrementar las resistencias mecánicas.
  - Aumentar la compacidad y disminuir la permeabilidad.
  - Disminuir la posibilidad de filtraciones de agua a través de las juntas por una mejor calidad de pega.

## INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	Granel x1L
<b>Apariencia / Color</b>	Marrón claro – marrón oscuro
<b>Vida Útil</b>	9 meses en su envase original bien cerrado y bajo techo.
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	Mantener en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.
<b>Densidad</b>	1,32 +/- 0,02 Kg/L

## INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

<b>Dosificación Recomendada</b>	Para aplicaciones típicas 0.5% al 2.0% del peso del material cementante.
---------------------------------	--

## DOCUMENTOS ADICIONALES

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Plastiment® CCR Plus PE:

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



## NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

## RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

## ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

REGULACIÓN (EC) Nº 1907/2006 - REACH

DIRECTIVA 2004/42/CE - LIMITACIÓN DE LAS EMISIONES DE VOC

## NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe). La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

PlastimentCCRPlusPE\_es\_PE\_(10-2017)\_1\_2.pdf

Hoja De Datos Del Producto  
Plastiment CCR Plus PE  
Octubre 2017, Versión 01.02  
021303011000000747

