



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

TESIS

**Diseño de un Concreto Compactado con Rodillo (CCR),
Empleando Materiales de la Región Lambayeque**

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

Autor

Bach. Cayatopa Idrogo Royser

<https://orcid.org/0000-0002-0231-2011>

Asesor

Ing. Varias Ruiz Joaquín Gabriel

<https://orcid.org/0000-0002-3622-6656>

Línea de Investigación

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú

2023

**Diseño de un Concreto Compactado con Rodillo (CCR), Empleando Materiales
de la Región Lambayeque**

Aprobación del jurado

(ING, SUCLUPE SANDOVAL ROBERT EDINSON)

Presidente del Jurado de Tesis

(ING, CACERES SANTIN ENRIQUE DANIEL)

Secretario del Jurado de Tesis

(ING, VARÍAS RUIZ JOAQUÍN GABRIEL)

Vocal del Jurado de Tesis

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado (s) del Programa de Estudios de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

“DISEÑO DE UN CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (CCR), EMPLEANDO MATERIALES DE LA REGIÓN LAMBAYEQUE”

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Cayatopa Idrogo Royser	DNI: 72131865	
------------------------	---------------	---------------------------------------------------------------------------------------

Pimentel, 04 de mayo de 2023.

Dedicatoria

A mi familia, en especial a mis padres y hermanos que cooperaron con mi formación desde casa y tomar la decisión de darme el mejor regalo de la vida convirtiéndome en un profesional que les llene de orgullo verme alcanzar mis metas lo cual me llena de felicidad.

Agradecimiento

A Dios por darme una vida saludable y formar un hombre de bien, guiando mis pasos y mis pensamientos los cuales fueron clave en la toma de decisiones en mi formación como profesional, así mismo por rodearme de personas maravillosas en esta trayectoria de mi vida.

A mi familia por el apoyo constante en mi formación profesional y hacer realidad parte fundamental de mis metas, con los valores inculcados desde mi niñez los cuales cooperaron con mi formación para adquirir nuevos conocimientos hasta lograr ser ing. Civil que en adelante servirá a la sociedad.

A los docentes de la Universidad Señor de Sipán los cuales fueron pilares principales de mi formación, quienes compartían sus conocimientos para desarrollar mis habilidades y adquirir nuevos conocimientos que me formaron como ingeniero civil, formado con bases sólidas para ser un profesional competitivo.

Al laboratorio CIMENTA JBM E.I.R.L. donde se realizaron los ensayos de laboratorio y procesamiento de información obtenida de cada uno de ellos, permitiendo desarrollar con satisfacción cada uno de los ensayos así mismo acreditar los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación.

Índice

I. INTRODUCCION	11
1.1. Realidad Problemática	13
1.2. Trabajos Previos	22
1.3. Teorías relacionadas al tema	38
1.4. Formulación del problema	42
1.5. Justificación e importancia del estudio	42
1.6. Hipótesis	42
1.7. Objetivos	42
II. MATERIAL Y MÉTODO	44
2.1. Tipo y diseño de investigación	44
2.2. Variables y Operacionalización	44
2.2.1. Operacionalización de Variables	45
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección	46
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	46
2.5. Procedimiento de análisis de datos	49
2.6. Criterios Éticos	50
2.7. Criterios de Rigor Científico	50
III. RESULTADOS	52
3.1. Resultado en Tablas, Figuras y Gráficos	52
3.2. Discusión de Resultados	67
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
4.1. Conclusiones	70
4.2. Recomendaciones	71
Referencias	72
ANEXOS	76
ANEXO 01: Resultados de Laboratorio	76
ANEXO 02: Panel Fotográfico	77

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Evidencias de las fallas de (a-b) RB espécimen y (c) SB espécimen.	22
Imagen 2: Se muestra el dispositivo de laboratorio ajustable con múltiples parámetros para simular la compactación RCC.	24
Imagen 3: Se muestra la distribución de la temperatura corporal de la presa (° C): a) inmediatamente después de la construcción y b) después de un año de construcción.25	
Imagen 4: Se muestra la Visualización remota en 5D de calidad de compactación rodante.	27
Imagen 5: Se muestra la Representación del sistema de inspección de rayos X; donde (i) tubo de rayos X, (ii) soporte de muestras, (iii) detector de rayos X de panel plano, (iv) muestra de CCR para inspección.	28
Imagen 6: Se muestra las temperaturas al final de la construcción de la presa Taishan, de acuerdo a la programación del 1 al 14 de agosto del 2010.	29
Imagen 7: Se muestra el curado de la capa después de su compactación, para mantener su humedad y luego de 24 horas como mínimo, colocar la siguiente capa.	30
Imagen 8: Se muestra el modelo de cálculo de elementos finitos, realizada en la presa de arco de concreto compactado con rodillo (CCR)	31
Imagen 9: Se muestra dos vistas panorámicas de diferentes ángulos, de la presa Kinta de concreto compactado con rodillo (CCR).	33
Imagen 10: Se muestra la vista aguas abajo de la presa de reemplazo de CCR, en Estados Unidos.	33
Imagen 11: Se muestra la sección del valle, de la presa de reemplazo de CCR, en Estados Unidos.	34
Imagen 12: Se muestra los planos proyectados de la geología de la Presa Chonta. .	35
Imagen 13: Se muestra la vista del cuerpo de presa aguas abajo; apreciando que los vertederos están en proceso de ejecución, así como los pedestales para las compuertas en la zona central de la cresta.	37
Imagen 14: Se muestra el Rodillo Liso Vibratorio, empleado para la compactación del concreto compactado con rodillo, en capas de 0.30m.	37
Imagen 15: Equipos y proceso de elaboración de mezcla, compactado y enrazado de especímenes.	47
Imagen 16: <i>Compactado en capas, enrazado y pesado del Especímen.</i>	48
Imagen 17: <i>Curado de especímenes.</i>	48
Imagen 18: <i>Prueba a compresión de los especímenes.</i>	49
Imagen 19: <i>Resultados de las pruebas de Ruptura de especímenes.</i>	49
Imagen 20: Ubicación de Cantera La Victoria.	52
Imagen 21: Ubicación de Cantera Tres Tomas.	53
Imagen 22: Curva Granulométrica de Agradado Fino.	55
Imagen 23: Curva Granulométrica de Agradado Grueso.	58
Imagen 24: Curva de Resistencias a la Compresión Alcanzadas para tres capas de compactación, según adición de Cemento de 10%, 12% y 14%, para 7, 14 y 28 días respectivamente.	65
Imagen 25: Curva de Resistencias a la Compresión Alcanzadas para cuatro capas de compactación, según adición de Cemento de 10%, 12% y 14%, para 7, 14 y 28 días respectivamente.	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I: Granulometría	54
Tabla II: Análisis Químico de Cloruros y Sulfatos.....	55
Tabla III: Ensayo Normalizado de Finos que pasa tamiz N° 200.....	55
Tabla IV: Ensayo de Peso Específico y Absorción.....	56
Tabla V: Ensayo de Peso Unitario Suelto y Compactado	56
Tabla VI: Determinación de Módulo de Fineza	57
Tabla VII: Ensayo estándar de Equivalente de Arena	57
Tabla VIII: Parámetros de Cumplimiento de Materiales	57
Tabla IX: Granulometría.....	58
Tabla X: Ensayo de Peso Unitario Suelto y Compactado	59
Tabla XI: Determinación de Partículas Chatas y Alargadas	59
Tabla XII: Determinación de Partículas con una Cara de Fractura.	60
Tabla XIII: Determinación del Desgaste de Agregados.....	60
Tabla XIV: Determinación de la Inalterabilidad de Agregados.	61
Tabla XV: Análisis Químico de Cloruros y Sulfatos.....	61
Tabla XVI: Determinación de Contenido de Humedad	62
Tabla XVII: Parámetros de Cumplimiento de Materiales.....	62
Tabla XVIII: Dosificación en Peso de Diseño de Mezcla CCR.....	62
Tabla XIX: Dosificación en Volumen de Diseño de Mezcla CCR.....	63
Tabla XX: Dosificación en Peso de Diseño de Mezcla CCR	63
Tabla XXI: Dosificación en Volumen de Diseño de Mezcla CCR.....	63
Tabla XXII: Dosificación en Peso de Diseño de Mezcla CCR	64
Tabla XXIII: Dosificación en Volumen de Diseño de Mezcla CCR	64
Tabla XXIV: Resistencias a la Compresión Promedio según % de Adición, para tres capas de Compactación.....	65
Tabla XXV: Resistencias a la Compresión Promedio según % de Adición, para cuatro capas de Compactación.....	66

RESUMEN

Los proyectos de construcción con gran porcentaje de aplicación de un concreto compactado con rodillo (CCR) a nivel mundial son en pavimentos rígidos y presas en su mayoría son de gravedad, en nuestra region lambayeque existen proyectos por ejecutar los cuales no se han llevado a cabo por necesitar una inversión elevada así mismo su nivel de complejidad es alto, esta investigación tiene el objetivo de diseñar un concreto compactado con rodillo (CCR) que alcance su optima resistencia dependiendo de la resistencia que el proyecto lo requiera, bajo la metodología de la compactación de suelos y aprovechamiento de los materiales de cantera los cuales aseguran un mayor control de calidad para ser empelados, obteniendo resistencias altas a corto tiempo, logrando tener un concreto alternativo que sea aplicado en los proyectos con las ventajas de reducción de costos y celeridad en la ejecución, de los tres diseños elaborados en esta investigación se ha logrado seleccionar el diseño con una adición de 14% de cemento y compactado en cuatro capas, se logró resistencias de 178kg/cm², 216kg/cm², 236kg/cm², a los 7, 14 y 28 días respectivamente, para el 12% de cemento adicionado se logró obtener resistencias de 126.8kg/cm², 159.20kg/cm², 165.20kg/cm², que corresponden a 7, 14, 28 días, finalmente las resistencias obtenidas para el 10% de adición fueron 102.6kg/cm², 126kg/cm², 141kg/cm², adicionalmente tener en cuenta que este tipo de concretos aumenta su resistencia con el paso del tiempo, por ello es posible lograr aplicar esta nueva tecnologia en nuestros proyectos de la region lambayeque.

Palabras Clave: Agregados, Mezcla, Concreto Compactado.

ABSTRACT

Construction projects with a large percentage of application of a roller-compacted concrete (CCR) worldwide are on rigid pavements and dams, most of them are gravity, in our Lambayeque region there are projects to be executed which have not been carried out. Because it requires a high investment and its level of complexity is high, this research has the objective of designing a roller-compacted concrete (CCR) that reaches its optimum resistance depending on the resistance that the project requires, under the compaction methodology of soils and use of quarry materials which ensure greater quality control to be used, obtaining high resistance in a short time, achieving an alternative concrete that is applied in projects with the advantages of cost reduction and speed in the execution, of the three designs elaborated in this investigation, it has been possible to select the design with an addition of 14% cement and compacted in four layers, resistances of 178kg/cm², 216kg/cm², 236kg/cm² were achieved, at 7, 14 and 28 days respectively, for 12% of added cement it was possible to obtain resistances of 126.8kg/cm², 159.20kg/cm², 165.20kg/cm², which correspond to 7, 14, 28 days, finally the resistances obtained for 10 % of addition were 102.6kg/cm², 126kg/cm², 141kg/cm², additionally take into account that this type of concrete increases its resistance over time, therefore it is possible to apply this new technology in our projects in the region Lambayeque.

Keywords: Aggregates, Mixture, Compacted Concrete.

I. INTRODUCCION

El concreto compactado con rodillo (CCR), es una tecnología que toma indicios a nivel mundial en 1960, tomando una década para ser empleada en diferentes proyectos de presas de gravedad y sugerida por algunos ingenieros, en el año 1970 se comienza aplicar en pavimentos, en el año 2003 llega esta tecnología del CCR de forma limitada, desarrollada en algunos proyectos en estructuras de cierre en estructuras de presas y diques del reservorio antacoto así mismo como en la minera Yanacocha [1], en proyectos internacionales desarrollados en Turquía estudiando el comportamiento del CCR, ante efectos sísmicos que pueda originarse en el funcionamiento de presas de gravedad [2], anticipando el riesgo de los diseños ejecutados en campo.

Los problemas que pueden presentar este tipo de estructuras son la presencia de grietas debido a un inadecuado diseño así mismo puede ser producido por un mal control de temperatura del concreto en su ejecución [3], los materiales sustitutos empleados para reducir la participación de cemento en el diseño pueden ser de zonas cercanas a la obra para facilitar la capacidad de producción, los cuales deben ser previamente estudiados para cumplir con los parámetros de calidad requeridos, demostrados en la construcción de la presa Diامر Basha, empleando materiales de zona ubicado a solo 54 km agua arriba de la presa proyectada [4], analizadas mediante pruebas de actividad física, química y puzolánica, cumpliendo con los parámetros para ser usadas en el diseño.

Dentro de las zonas con mayor dificultad para emplear esta tecnología son las con temperaturas altas y el calor de hidratación del cemento son principales factores que cooperan con el aumento de temperatura en el periodo de ejecución así como en el periodo de funcionamiento de las estructuras [5], en casos se tenga suelos inestables compuestos de sedimentos, escombros provenientes de deslizamiento de tierras entre otros suelos desafiantes se realizara un diseño especial para la cimentación, con la finalidad de minimizar los asentamientos y agrietamientos [6].

Esta investigación es realizada con el propósito de tener una alternativa que facilite la ejecución y reducir costos en los proyectos como presas y pavimentos de la region lambayeque mediante esta tecnología del CCR, permitiendo el aprovechamiento de los materiales de la zona para el diseño del CCR dependiendo de los requisitos establecidos y las zonas de ejecución de las estructuras proyectadas.

En ese sentido se ha desarrollado un análisis de los materiales de las canteras de mayor capacidad de producción de materiales, cantera la victoria y cantera tres tomas, asegurando cubrir con el material necesario para la ejecución de los proyectos, logrando obtener en laboratorio las características de los agregados empleados en el diseño del CCR, también fue necesario adaptar nuevos equipos que permitieron la preparación y compactación de la mezcla similar a lo que se obtendrá en campo.

Se le dio dosificaciones diferentes de cemento para cada diseño realizado los cuales fueron sometidos a ensayos de resistencia a compresión para finalmente determinar el diseño de mezcla optimo, logrando resultados beneficiosos los cuales aseguran que las proporciones de mezcla permiten ser aplicadas en proyectos de presas y pavimentos, tanto para su construcción como para su rehabilitación de estructuras existentes, de esta forma se tendrá una tecnología alternativa para la ejecución de proyectos en nuestra region y a nivel nacional.

1.1. Realidad Problemática

Las nuevas tecnologías y su evolución en las construcciones con materiales suelto o enrocados en proyectos hidráulicos, en cuanto a carreteras se tiene la aplicación de mezclas asfálticas y concreto convencional, desde hace algunos años atrás este tipo de construcciones han reducido su frecuencia de uso, debido a nuevas tecnologías y equipos modernos que permiten realizar trabajos conjuntos y una capacidad volumétrica amplia, dentro de las nuevas tecnologías se encuentra el CCR, su desarrollo y ejecución en construcciones con gran envergadura y solucionando problemas en obras existentes como presas, carreteras y entre otras alrededor de todo el mundo, con un mayor porcentaje de su aplicación en china, los beneficios son tanto económicos, como reducción en su plazo de ejecución por la rapidez en su proceso constructivo de los proyectos.

Las tecnologías aplicadas en la construcción de carreteras y presas deben ser eficientes y prácticas para su proceso de construcción y realizar un monitoreo continuo, para verificar el cumplimiento con los estándares de calidad y pruebas de controles requeridos, esta nueva tecnología del concreto compactado con rodillo, será la técnica con mayor aplicación en la actualidad, permitiendo emplear recursos de las zonas del proyecto, reduciendo los costos en gran medida, para hacer empleo de los materiales a emplear, previamente se realiza los ensayos correspondientes, de esta manera se puede clasificar los materiales que cumplan con los criterios necesarios para el diseño.

Según Mengxi, Z., et al., (2020) en su artículo de investigación "Thermal deformation coordination analysis of CC-RCC combined dam structure during construction and operation periods" en China, se ha realizado grandes construcciones, aplicando el método del concreto compactado con rodillo hace años atrás, desarrollando estructuras hidráulicas de gran volumen, identifico algunos problemas de coordinación de deformación en la estructura combinada de la presa, seccionada en zonas de CCR y de concreto convencional, problema originado por las propiedades variadas que presentaban cada material, donde una de las principales diferencias fue las propiedades

termodinámicas de diferentes materiales, esto ha generado que se esté realizando nuevas investigaciones teniendo como fin respaldar la estabilidad y condiciones en las estructuras, con su proceso de construcción combinada [7, pp. 1, 13].

Según Soltanianfard, M., et al., (2019) en su artículo de investigación "The Interface Behavior of Rock, Conventional Vibrated and Roller Compacted Concrete" en Irán, identifico problemas en las presas, en el comportamiento de la interfaz entre el concreto y roca, evaluado entre capas en el proceso constructivo de estas obras, de esta manera afectando en gran porcentaje el desempeño de la estructura en esas condiciones, también el ángulo de fricción y cohesión que pueden presentar en el momento de operación de dicha estructura, estos problemas depende también de la calidad de material empleado, realizando pruebas donde se lograra conocer sus características y beneficios en materiales empleados, evaluando sus comportamientos con los distintos métodos empleados para su ejecución [8, p. 2].

Según Guoliang, C., et al., (2020) en su artículo de investigación "Exposure Assessment for Roller Compacted Concrete Dam Construction Integrated Real Time Location Information" en China, identificó un problema muy importante en la composición y diseño de un CCR aplicado en obras hidráulicas, estas estructuras son de gran envergadura, y por esta razón la seguridad en estos proyectos es de vital importancia, también se puede mencionar como un problema o una limitación que los métodos más tradicionales aplicados a este sistema exponen dos factores, factor espacial y el factor de tiempo, cada uno evaluado por separado, lo cual puede ser evaluado integralmente [9, p. 1].

Según Aniskin, N., y Nguyen, C. (2020) en su artículo de investigación "Mathematical model of temperature regime and thermal stress state of roller-compacted concrete gravity dam" en Rusia, identificó un problema en estructuras hidráulicas con CCR, involucrando la temperatura en el diseño de este tipo de concretos, y también el estrés térmico, pudiendo determinar que en zonas calurosas afecta en mayor porcentaje

y se tiene que emplear un sistema de enfriamiento, para evitar la presencia de grietas en la construcción de las estructuras ya sea en carreteras o en presas [10, pp. 1, 9].

Según Huang, Y., y Wan, Z. (2020) en su artículo de investigación “Deformation monitoring analysis of an RCC gravity dam considering frost heaving in an alpine region: a case study” en China, identificó que las temperaturas bajas, afectan a la cresta de la estructura con CCR, existen lugares con temperaturas extremas, donde las condiciones de las estructuras se ven afectadas, el punto de más influencia y afectación, es la cresta de la presa, las condiciones de temperaturas bajas y heladas, perjudican a la presa de tal manera, que no se puede lograr un aislamiento, para evitar que se genere este tipo de patologías en estructuras tan importancia como lo es una estructura hidráulica, se recomienda realizar un estudio muy detallado para el problema de desplazamientos originados por temperaturas bajas y heladas presente en la zona del embalse [11, pp. 2, 14].

Según Vosoughifar, H., y Khorani, M. (2019) en su artículo de investigación “Optimal Sensor Placement of RCC Dams using Modified Approach of COMAC-TTFD” en Estados Unidos, se realizó el estudio del comportamiento de los materiales de un CCR ante un sismo de severidad media, donde se pudo apreciar algunas fallas en la interfaz de la estructura, donde al ser analizadas estas muestras se ha determinado que son factores vinculados a las características de los materiales empleados, los cuales no resistieron la fuerza de sismo y fallaron, por lo que se recomienda realizar un estudio adecuado de materiales que se desea aplicar en este tipo de estructuras aplicando esta nueva tecnología [12, pp. 1, 13].

Segun Minghui, L., et al., (2018) en su articulo de investigacion “Probabilistic Risk Assessment of RCC Dam Considering Grey-Stochastic-Fuzzy Uncertainty” en China, evaluando las fallas producidas en el diseño de este tipo de concretos, que es un problema muy frecuente en estructuras como una presa compactado con rodillo, para estos problemas se ha puesto en estudio y puesto en práctica, un sistema mediante la función Latin Hypercube Sampling (LHS), siendo un sistema mejorado del método de

evaluación Gray-Stochastic-Fuzzy (GSF), este nuevo sistema, se puede considerar múltiples fallas las cuales son correlacionadas, permitiendo realizar un análisis de la sensibilidad de los parámetros, y evaluando la probabilidad de falla de la estructura construida [13, pp. 1, 14].

Según Mingchao, L., et al., (2018) en su artículo de investigación “Deformation coordination analysis of RCC gravity dams with functionally graded structures” en China, analizando la composición de la mezcla y construcción en presas con CCR, genera problemas como desprendimientos, fisuraciones y otros tipos de daños, que suelen originarse en la interfaz de la estructura, que es la zona donde existe una mutación de materiales, y su comportamiento de adherencia para un trabajo en conjunto, tomar las prevenciones, y realizar un análisis exhaustivo a los materiales empleados para su diseño, donde pueden ser descartados o aprobados, de acuerdo a sus características físicas y propiedades mecánicas, donde se pueda determinar su comportamiento en la mezcla con otros materiales [14, pp. 1, 7].

Según Bani, K., et al., (2018) en su artículo de investigación “Numerical modelling of dynamic stability of RCC dam” en Indonesia, analizando los materiales empleados en la construcción de presas, son considerados como fenómeno que afecta la base de la estructura, estas pueden ser originadas por empleo de materiales lisos, los cuales tienen un comportamiento muy dominado por cualquier esfuerzo sísmico que se presente, en algunas ocasiones este desplazamiento es forzado, por la presión hidrostática que ejerce el embalse sobre la estructura, para evitar estos problemas, se tiene que realizar un análisis de estabilidad estructural dinámica para este tipo de estructuras [15, pp. 1, 7].

Según Flynn, R., et al., (2018) en su artículo de investigación “Desarrollo y evaluación del concreto compactado con rodillos enriquecidos con lechada y aire” en Estados Unidos, analizando el comportamiento de los materiales empleados en las presas, es un problema muy grave, la importancia de evitar este tipo de problemas, es mitigar que el flujo perjudique la sección compacta de la presa al emplear materiales

con propiedades físico-mecánicas que no cumplen con las condiciones requeridas, este problema también se origina por un mal proceso constructivo de la presa, mediante la aplicación de una lechada de cemento, el cual sería aplicado, a lo largo de las líneas de elevación de la presa, es una solución muy innovadora, caso que tendremos en cuenta en el proceso de aplicación de este sistema, en las caras de la estructura [16, p. 1].

Segun Bowen, W., et al., (2018) en su artículo de investigación "Modeling method for predicting seepage of RCC dams considering time-varying and lag effect" en China, identificó el problema de las filtraciones en estructuras con CCR por fallas en la composición de materiales, basándose con un monitoreo de este fenómeno, mediante las cuales se puede reflejar de manera integral, se considera que esto se puede originar, por un retraso de vertido de capas de concreto donde se puede generar vacíos en el proceso constructivo del cuerpo de la presa, relacionados a los efectos variables del tiempo, y también la vibración, o nivel de compactación, factores que se involucran directamente con las características de materiales y también la eficiencia del proceso de ejecución de la estructura en tiempo real [17, pp. 1, 13].

La aplicación de nuevas tecnologías en nuestro país ha tenido algunas dificultades para ser puestas en marcha, en algunos casos debido al personal encargado del desarrollo y control de los trabajos realizados en las obras, también por desconocimiento y temor a aplicarlas en zonas que no presentan las condiciones especificadas, empleando la tecnología de CCR se reduce el porcentaje de materiales que incrementan los costos al diseño, y se puede aprovechar el uso de recursos de la zona en la que se proyecta realizar los trabajos, de esta manera se estaría logrando costos bajos y permitiendo la ejecución de diferentes proyectos pendientes, propuestos y solucionando problemas de estructuras existentes, aprovechando su rapidez que es una de las ventajas que brinda el CCR.

El desarrollado para esta técnica es de dos filosofías, mediante la compactación de suelos, como la del concreto, actualmente se ha desarrollado con más frecuencia, la

filosofía donde relaciona las características y selección de agregados, provenientes de la misma zona donde se desea proyectar las estructuras hidráulicas en el caso de presas y de la misma manera, para proyectos como carreteras, en este ámbito también tiene un gran porcentaje de aplicación con resultados productivos y beneficiosos tanto económicamente, como reducción de los plazos proyectados en su ejecución.

En cuanto a su ejecución, reduce los plazos debido a su rápida colocación y apisonado del material, para realizar este procedimiento previamente debemos conocer la altura de capa, pueden variar dependiendo del equipo empleado para su compactación, las consideraciones o especificaciones respectivas detalladas en el proyecto y permitiendo corroborar en los planos, los cuales son accesibles en campo y realizando un control de los procesos desarrollados progresivamente.

Al tratarse de una nueva tecnología la cual será aplicada a proyectos de gran envergadura, se deben tener en cuenta la variación climática de la zona, esto influye bastante para su transporte y vertido del CCR en el área adecuada, para preservar la humedad necesaria especificada en el diseño.

Curasi, D. (2016) en su investigación “Diseño del concreto compactado con rodillo (CCR), para presas en la región de Puno” considero un problema, el comportamiento del concreto que en el momento de ejecutar un proyecto, como la construcción de una presa, no se tiene un concreto diseñado específicamente para realizar este tipo de trabajos, y se viene empleando el concreto convencional como un método de construcción en algunos casos, lo ideal podría ser tener un concreto específico para cada tipo de obra, en la zona requerida del desarrollo de los proyectos, en este caso involucra los estados de la mezcla, sus características al inicio y al final de su elaboración, la alternativa sería la aplicación de concretos compactados con rodillo, el cual se realizaría previamente estudios a los materiales de la zona, y realizar un diseño propio para la región, obteniendo beneficio económico, y también tener un método de trabajo con procesos constructivos más rápidos y eficientes [18, p. 15].

Lunarejo, P. (2000) en su investigación “Concretos compactados por rodillado” en Lima, analizo el comportamiento físico químico de un diseño de CCR, aplicado en la ejecución en presas, con beneficio de la población limeña, puesto que la necesidad de abastecimiento de agua a todos los pobladores, es un problema que mantiene en precarias condiciones a muchos ciudadanos, la gran mayoría son emigrantes de otros departamentos los cuales en busca de un mejor futuro llegaron a nuestra capital, el comportamiento de los materiales, se puede determinar realizando un análisis a ensayos de laboratorio, evaluando de esta manera sus propiedades de un buen diseño de concreto compactado con rodillo, determinado estas características poder tener una planta dosificadora de este tipo de concretos [19, p. 1].

Trujillo, I. (2002) en su investigación “Uso del concreto rolado en presas” en Lima, analizo el desconocimiento de esta nueva tecnología, aplicada a la construcción de concretos compactados con rodillo, se suele realizar construcciones de este tipo, pero al tener poca información de su diseño, y teorías relacionadas que nos proporciona, el haberse aplicado en otros países, suelen ser beneficiosas, el problema surge, en el momento de su construcción de estas estructuras en nuestro país, aun con desconocimientos sobre el tema, y no se logren obtener un óptimo diseño, que pueda ser aplicado en la zona del proyecto, esto puede generar problemas de filtraciones, deslizamientos, y asentamientos, producidos por un bajo porcentaje de compactación, vinculado con el tiempo de vibrado por el rodillo, se tiene de conocimiento que este innovador método, es mucho más rápido y un bajo costo, lo cual puede revertirse en desventajas si no es aplicada correctamente y con los parámetros respectivos [20, p. 1].

Pérez, G., y Vasconcellos, G. (2017) en su investigación “Evaluación de Tres Alternativas de Proyecto de Presa para el Embalse Palo Redondo” en Lima, evaluó cuál de los diseños estructurales brindan una mejor seguridad y rentabilidad económica, el desarrollar una evaluación comparativa, mediante los distintos procedimientos y diseños, aplicados al desarrollo de las obras hidráulicas, conllevan a un riguroso análisis

de cada uno de estos métodos, donde se puede conocer en realidad las propuestas que generen ventajas, no solo económicas sino también que brinde seguridad, y un proceso constructivo adecuado, para conocer sus comportamientos de cada material empleados en distintos métodos, suelen ser un poco tediosos, como propuesta de una estructura de CCR, por otro lado se debe conocer el impacto socio ambiental, y también sus problemas de estabilidad interna de sus pendientes y volteo, problemas que se presentan con frecuencia, pero que si pueden ser evitados al tener un control eficaz de todos los estudios realizados a las propuestas y diseños [21, p. 1].

Zavaleta, E. (2017) en su investigación “Concreto compactado con rodillo aplicado a pavimentos utilizando método de compactación de suelos” en Cajamarca, identificó que aún no se ha desarrollado este método para la construcción de presas, pero si se ha aplicado en el ámbito de transporte, diseñando concreto compactado con rodillo para pavimentos, donde se considera realizar un correcto estudio de este diseño, puesto que está expuesto a cargas variables, para logra un diseño de estas características y con un buen desempeño en su etapa de funcionamiento, al considerar la alternativa de descartarlos, quiere decir que no cumplieron con los objetivos propuesto de alcanzar una resistencia, que permita poner en práctica en beneficio social, que son los principales involucrados y beneficiarios de los proyectos en desarrollo [22, p. 1].

En la ejecución de obras desarrolladas, aun no se ha podido emplear esta nueva tecnología del CCR, tanto para la construcción de estructuras hidráulicas, como para carreteras, pese a su desarrollo amplio en expedientes y proyectos en proceso de ejecución, tratando de tener una mejora continua, cabe resaltar que un gran porcentaje de la infraestructura vial, están en condiciones regulares, considerando que han sido ejecutadas dentro de los últimos 5 años, esto quiere decir que la vida útil para el cual fue diseñado, no ha sido alcanzado, en cuanto al ámbito de obras hidráulicas, se han propuesto alternativas de mejoras y nuevos proyectos plasmados en el plan hidráulico, el cual evita la presencia de sequias en tiempos de estiaje, también desastres originados

por inundaciones, para ello la creación de nuevos embalses permitan el almacenamiento de las escorrentías generadas por elevadas precipitaciones, de esta manera se estaría aprovechando los recursos hídricos en la región, para la población y sector agricultura, este plan proyectado.

Los embalses que serán desarrollados en dicho plan estarán se les ha denominado como, embalse la montería, embalse sicán, presa calzada, presa calicantro, presa majin, presa palo blanco, y también contemplando la aplicación de la presa tinajones, el valor económico para la construcción de estas estructuras hidráulicas es muy alta, estos proyectos serian menos costosos, si se emplean materiales propios de la zona para su construcción, permitiendo obtener una rápida construcción de estos embalses, ya que hasta la actualidad nuestra región persiste con este problema, y estamos expuestos a nuevos fenómenos que podrían afectarnos no solo económicamente, sino también la pérdida de vidas humanas.

Es la razón por la que nace esta investigación, que tendrá el propósito de diseñar un concreto compactado con rodillo empleando material de nuestra región Lambayeque, la que puede presentarse como una propuesta, para ser aplicada en la construcción de las estructuras hidráulicas consideradas en la región, y la futura propuesta, el desarrollo detallado de los procedimientos, selección de materiales y elaboración de especímenes será en nuestra Universidad Señor de Sipan, empleando los equipos del laboratorio de Mecánica de Suelos, validando los estudios realizados correspondientes, y determinar los factores primordiales de los materiales de nuestra región, evaluando sus características físicas y mecánicas.

También su comportamiento, al ser sometidos a pruebas experimentales, las cuales determinaran si la aplicación de estas benefician en el resultado final del diseño y también conocer el espesor de las capas compactadas in situ, y realizar ensayos de campo correspondientes, es decir empleando materiales de la región Lambayeque, donde se podrá realizar un análisis, de su capacidad de resistencia a la que puede alcanzar, esto depende también del contenido de agua y el proceso de compactación,

estos aspectos al no ser evaluados en el diseño generaran problemas en la estructura en su etapa de funcionamiento.

1.2. Trabajos Previos

Aldemir, A., et al., (2019) en Turquía, podemos mencionar a su artículo de investigación “Seismic behaviour of roller compacted concrete dams under different base treatments” donde su finalidad fue identificar el comportamiento de los materiales empleados en su composición ante efectos sísmicos, donde se aplicaron tres niveles de sismo para estas pruebas, también fue sometida a un experimento de empuje, donde se pudo evaluar la curva de capacidad de cada material, en el proceso pudieron notar que las muestras de base liza sometidas al sismo y al empuje, alcanzo un deslizamiento significativo, lo contrario ocurrió con las muestras de base rugosa, no presento desplazamiento alguno en ninguno de los experimentos sometidos, es decir al sismo y al empuje fue la razón por la cual, se presentó la perdida de resistencia lateral de la estructura y se formaron grietas, por lo que se sugiere la evaluación de sus parámetros y características de los materiales, ya que esto tiende a determinar el modo de falla esperado en la estructura [23, pp. 2, 9, 12].



Imagen 1: Evidencias de las fallas de (a-b) RB espécimen y (c) SB espécimen.

Fuente: Aldemir et al., (2019).

Bowen, S., et al., (2020) en Estados Unidos, se hace mención a su artículo de investigación “Nonlinear Dynamic Response of a CC-RCC Combined Dam Structure under Oblique Incidence of Near-Fault Ground Motions” cuyo objetivo fue, determinar el

comportamiento de los materiales de esta tecnología aplicada a una estructura de presa combinada CC-RCC, evaluados a partir de registros de pulso cercanos a las fallas, y también los registros sin pulsos considerando las ondas P oblicuamente incidentes, puesto que la seguridad de la presas, se ven afectadas por el pulso de velocidad originados por los movimientos de tierra cercanos a la falla, se realizó la propuesta del método de entrada de onda, de esta manera se lograría transformar los registros sísmicos que presentan las fallas cercanas a esta fuerza, y siendo aplicada en los límites inferiores donde descansa el peso total del embalse, como por ejemplo un diseño de CCR, para presas directamente para conocer sus comportamientos bajo este efecto [24, pp. 1, 4, 9, 15].

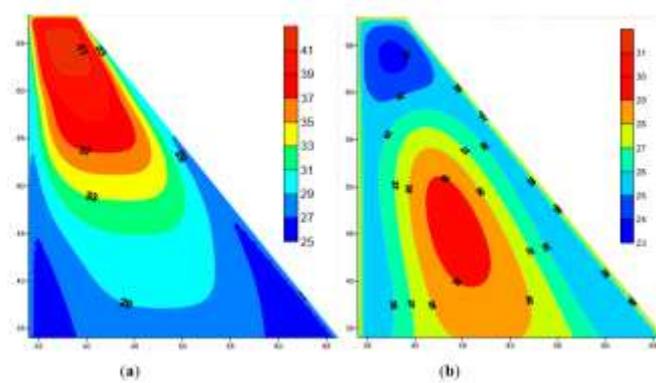
Donghai, L., et al., (2019) en China, podemos mencionar a su artículo de investigación "Development and application of multi-parameter adjustable laboratory device for simulating roller-compacted concrete compaction" cuyo objetivo fue, describir un principio de similitud, para las simulaciones realizadas al CCR, basándose con capacidad en compactación y presentar un dispositivo de laboratorio, que sea ajustable a las condiciones, y múltiples parámetros que permitan la simulación en tiempo real para la aplicación de este sistema, mediante un dispositivo se puede lograr superar, el efecto de escala de los rodillos de pruebas pequeñas, y evaluando la deficiencia en la vibración de la placa empleada para estos experimentos, de deformaciones de compactación de vibración que es muy diferente, a la compactación y vibración que se realiza in situ, este dispositivo permite que los parámetros sean ajustables, este dispositivo ajustable, puede lograr simular de una manera equivalente, a la compactación realizada en el sitio de desarrollo del proyecto, alcanzando valores igual o similares a las densidades y resistencias logradas con las muestras estándar [25, pp. 1, 3, 8].



Imagen 2: Se muestra el dispositivo de laboratorio ajustable con múltiples parámetros para simular la compactación RCC.

Fuente: Donghai et al., (2019).

Bamaga, S., y Bayagoob, K. (2019) en Arabia Saudita, podemos mencionar a su artículo de investigación “Construction of Roller Compacted Concrete Dams in Hot Arid Regions” cuyo objetivo fue, analizar el aumento de temperatura que se origina en el vertido de concreto in situ, en lugares calurosos, donde influyen los cambios climáticos y la hidratación que proporciona el cemento en la mezcla, una alternativa de solución fue, cambiar el horario para la colocación del concreto según el clima de las zonas del proyecto, evitando de esta manera problemas como grietas térmicas, llegando a la conclusión que, si es posible ejecutar proyectos donde se aplique esta nueva tecnología de CCR, en zonas con altas temperaturas, se recomienda realizar estos trabajos en temporadas de invierno, y los revestimientos de las caras tanto interna como externa deberán realizar la aplicación de lechada de concreto convencional [26, pp. 1, 6, 8, 13].



**Imagen 3: Se muestra la distribución de la temperatura corporal de la presa (° C):
a) inmediatamente después de la construcción y b) después de un año de construcción.**

Fuente: Bamaga y Bayagoob (2019).

Gu, C., et al., (2019) en China, se hace mencion a su articulo de investigacion “Equivalent Inverse Analysis on Thermodynamic Parameters of Compacted Layers in RCC Dam” cuyo objetivo fue, determinar el comportamiento de la estructura de CCR, logrando obtener sus coeficientes, analizada desde un aislamiento de la presa a los cambios climaticos del mbiente, brindando una temperatura adecuada mediante la implementacion de conductos que contengan agua a una temperatura media de 12.1 C°, los metodos aplicados en la ingenieria practica para obtener parametros termodinamicos, concluyendo que al mantener su temperatura y su formula de conduccion de calor, son los que establecen los modelos, tanto paralelos seriales como los tangenciales normales del coeficiente de expansión equivalente lineal, donde las interacciones de las capas, dan resultados inversos del parametro termodinamico de la ingenieria practica [27, pp. 1, 7].

Cheng, Z., et al., (2019) en China, podemos mencionar a su articulo de investigacion “Multi-Objective Optimization of Seepage Control Structures of RCC Dams Based on the Surrogate Model” cuyo objetivo fue, evaluar las condiciones de proyectos hidraulicos donde se aplico la tecnologia del CCR y su comportamiento de materiales

ante filtraciones, donde proponen un modelo sustituto al modelo numérico, que involucre los criterios de su composición de los elementos que protegen y evitan la infiltración, donde se pudo evaluar sus ventajas y efectividad, al compararlas con los métodos tradicionales, dando como resultados que los métodos numéricos donde se considera un solo objetivo y un solo parámetro, complica el diseño de la estructura de control de infiltración que no llegue a cumplir con varios objetivos y los parámetros de diseño no pueden considerarse en su totalidad [28, pp. 1, 9].

Anwar, K., et al., (2019) en Australia, se hace mención a su artículo de investigación "Suitability of Gini Moraines as Natural Pozzolanic Material for the Diamer Basha Dam Project" cuyo objetivo fue, evaluar la idoneidad de los materiales Puzolánico, para ser empleado en esta nueva tecnología del CCR, donde se pudo observar que al aplicar morrenas glaciales, las cuales fueron obtenidas de gani, cumplen con los requisitos para ser empleadas en la mezcla de esta novedosa tecnología de CCR, obteniendo los resultados que para la sustitución de puzolanas por el cemento, para reducir el calor de hidratación en un 4.5%, se aplica un 23% de contenido Puzolánico, lo que corresponde a un 75% de su resistencia [29, pp. 1, 12].

Xing, Y., et al., (2019) en China, mencionamos a su artículo de investigación "5D visual feedback and control of compaction quality of working units of RCC dam" donde su finalidad contempló conocer su desarrollo en control con retroalimentación visual con cinco dimensiones, y el comportamiento de los materiales de su composición, determinando la calidad de los trabajos de compactación de proyectos que apliquen esta técnica de CCR, concluyendo que el modelado rápido mediante AutoCAD y OpenGL, brinda un modelado en alta calidad y una visualización muy buena, evaluando directamente el comportamiento y proceso de colocación de material en campo, conociendo el proceso de compactar correctamente, logrando llegar a cualquier punto de extensión de la estructura proyectada, pudiendo verificar de forma remota su control de condiciones finales en campo, llamando a esto una construcción inteligente [30, pp. 1, 8-10].

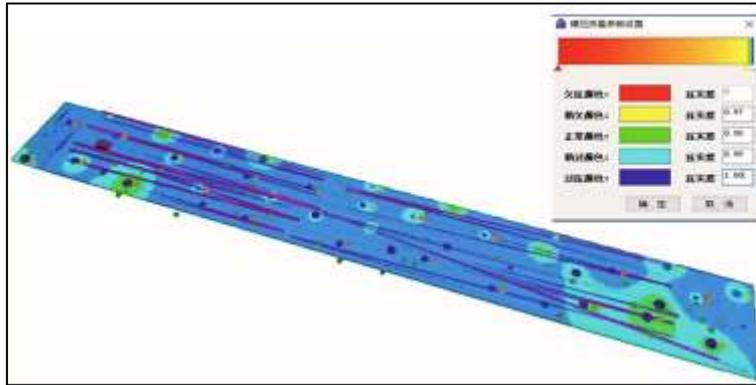


Imagen 4: Se muestra la Visualización remota en 5D de calidad de compactación rodante.

Fuente: Xing et al., (2019).

Coraiola, G., et al., (2019) en Brazil, podemos mencionar a su artículo de investigación “Expounding structures of roller compacted concrete dam specimens by means of hard conventional X-ray inspection” cuyo objetivo fue, analizar los diferentes compuestos de hormigón mediante el procesamiento de tomas satelitales permitiendo conocer la composición del interior de la estructura, este proceso se realizó mediante la aplicación de un filtro de cobre con un diámetro de 9.5mm, que permite conocer la composición interna del espécimen diseñado, y el cual va a ser sometido a prueba de resistencia. En los experimentos realizados, no se pudieron detectar los granos de arena y cemento, debido a la baja resolución espacial del sistema, los cuales fueron mejorados para tener una mejor visibilidad, concluyendo que es posible realizar una inspección a la estructura mediante este sistema, para ello se debe tener especímenes con espesores $> \frac{1}{4} 50\text{mm}$, para evaluar las condiciones de los materiales comprimidos [31, pp. 1, 5, 9, 14].



Imagen 5: Se muestra la Representación del sistema de inspección de rayos X; donde (i) tubo de rayos X, (ii) soporte de muestras, (iii) detector de rayos X de panel plano, (iv) muestra de CCR para inspección.

Fuente: Coraiola et al., (2019).

Dai, H., et al., (2019) en China, mencionamos a su artículo de investigación “Simulation and Research on Temperature Field of Taishan Roller Compacted Concrete Gravity Dam” donde considero identificar en campo su temperatura, empleando el método con elementos finitos aplicado en la estructura hidráulica de CCR-Taishan, al realizar la simulación de temperaturas en el proceso constructivo, se pudo apreciar que las mayores temperaturas, se tuvo al comienzo de la construcción, mientras iba respetando los cronogramas programados para sus avances, se pudieron observar que las temperaturas internas bajaban, y las temperaturas más altas se ubicaban en la zona superior de la estructura de CCR, se realiza el vertido de concreto a temperatura normal, mientras que para zonas de calor se tiene que tener un control específico de la temperatura, para evitar problemas en la construcción, teniendo en cuenta que, la temperatura máxima cumpla con las especificaciones técnicas adoptadas en la mezcla de CCR empleada en el proyecto [32, pp. 2, 5, 7].

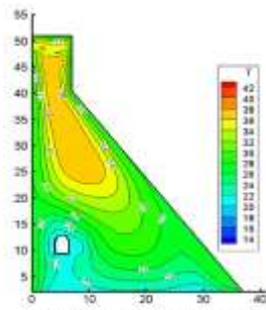


Figure 4. The temperature cloud picture of scheme 1 in August 14, 2010 at the end of construction period.

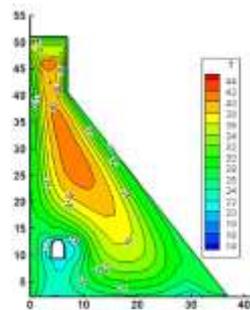


Figure 5. The temperature cloud picture of scheme 2 in August 14, 2010 at the end of construction period.

Imagen 6: Se muestra las temperaturas al final de la construcción de la presa Taishan, de acuerdo a la programación del 1 al 14 de agosto del 2010.

Fuente: Dai et al., (2019).

Chen, H., y Liu, Z. (2019) en China, hacemos mencion a su articulo de investigacion "Temperature control and thermal-induced stress field analysis of GongGuoQiao RCC dam" cuyo objetivo fue, determinar la temperatura y el estrés inducido térmicamente en la estructura hidráulica de CCR-Gong guo qiao, evaluando también el comportamiento de los materiales de su composición, la cual se encuentra funcionando, por esta razón que estos experimentos se desarrollaron durante su vida útil, tomando también su construcción, concluyendo que las temperaturas altas que se originan en el centro de la estructura hidráulica, se pueden disminuir de 2 a 3 C°, aplicando la tubería de agua de enfriamiento en su proceso constructivo, el análisis de tensiones de estrés en campo, producidas por la temperatura de las presas, las cuales fueron controladas con satisfacción [33, pp. 1, 10].

Meena, C., et al., (2019) en India, mencionamos a su articulo de investigacion "Coupled Seepage–Stress Analysis of Selected Roller-Compacted Concrete Gravity Dam with Upstream Impervious Layer Considering the Seepage Behavior of Interface Thickness" cuyo objetivo fue, analizar los materiales empleados en la estructura y evaluar la infiltración de la estructura de CCR, considerando aguas abajo una capa impermeable (UIL), para ello se empleo distintos materiales de oncreto experimentados en diferentes circunstancias, empleando concreto convencional vibrado, concreto

compactado con rodillo de dos y tres gados, y concreto compactado con rodillo vibrado y enriquecido de capas de 2 a 3m, concluyendo entonces que, los experimento realizados con las composiciones de materiales tanto de hormigón convencional vibrado como de concreto compactado con rodillo vibrado y enriquecido con lechada, los dos con capa impermeable aguas arriba, disminuyen las presiones de poro en un 14 y 17%, y concreto compactado con rodillo de tres grados. En cambio, las presiones de poro disminuyen en un 7 y 11% menos [34, pp. 1, 10-11].

Genquan, Q., y Yangxian, C. (2018) en China, podemos mencionar a su artículo de investigación "A Case Study On Zoning And Construction Of Roller Compacted-Concrete Gravity Dams" cuyo objetivo fue, evaluar la zona de proyección de la estructura y su proceso constructivo de acuerdo a su ubicación, este análisis se desarrolló tomando como objeto de análisis la ubicación y proceso constructivo en las estructuras de CCR del proyecto hidroeléctrico en Wuxikou. Esta malla se empleó, debido a la presencia de grietas en algunas zonas de las capas compactadas en la zona I, por lo que se procedió a solucionarlo aplicando las mallas cada 1m de espesor de capas, considerando finalmente la ubicación en estas estructuras con CCR se deben proyectar, respetando las especificaciones y algunos reglamentos de diseño [35, pp. 1-2, 4-5].



Imagen 7: Se muestra el curado de la capa después de su compactación, para mantener su humedad y luego de 24 horas como mínimo, colocar la siguiente capa.

Fuente: Genquan y Yangxian (2018).

Liu, H., et al., (2018) en China, mencionamos a su artículo de investigación “Early-warning model of deformation safety for roller compacted concrete arch dam considering time-varying characteristics” cuyo objetivo fue, evaluación del comportamiento de materiales del modelo de alerta temprana variable en la estructura hidráulica del arco, empleando tecnología del CCR, este modelo es considerado sus características que varían el tiempo en los componentes, tanto de presión hidrostática ejercida por el fluido, como la temperatura del cuerpo de la presa, se considera un espesor para compactar mediante un rodillo vibratorio de 0.30m, y para capas de construcción de la interfaz de la presa, se considera 0.02m. Teniendo en cuenta que mediante esta metodología, se sugiere realizar una implementación, para conocer los procedimientos y procesos a realizar en su construcción [36, pp. 2, 11, 15].

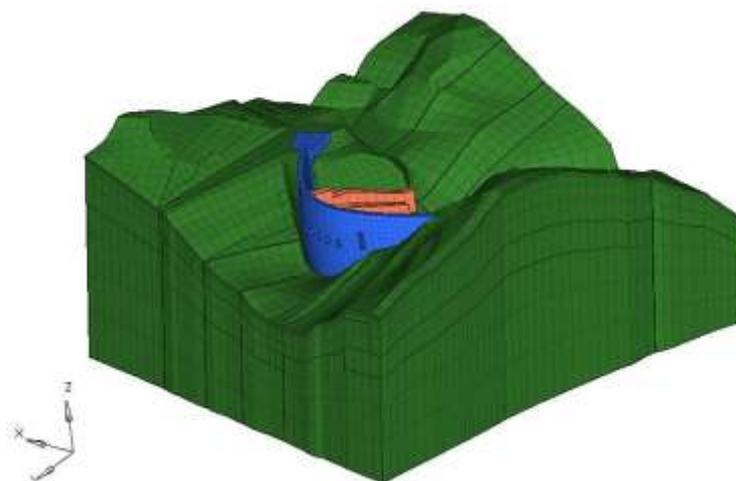


Imagen 8: Se muestra el modelo de cálculo de elementos finitos, realizada en la presa de arco de concreto compactado con rodillo (CCR) .

Fuente: Liu et al., (2018).

Guoxin, Z., et al., (2018) en China, se hace mención a su artículo de investigación “Effects of fly ash and crystalline additive on mechanical properties of two-graded roller compacted concrete in a high RCC arch dam” cuyo objetivo fue, analizar los efectos de la ceniza volante y aditivos cristalinos con sus características que presentan los CCR con dos grados, donde se desarrollaron experimentos para determinar si la aplicación de las cenizas aumenta o disminuye sus propiedades de los materiales en conjunto,

teniendo resultados que para un contenido de 58% de ceniza volante obteniendo un valor de vibración compactada de 1.4 y 2.0, cumpliendo con los parámetros de ingeniería que se encuentran entre 1 y 4. Pudiendo apreciar que mientras aumenta la adición de ceniza volante y espacios vacíos, entonces el peso va disminuyendo progresivamente, y también su capacidad de resistir del espécimen, cuán elástico es, y la tensión en tracción final en un CCR de dos grados también disminuyen [37, pp. 1, 8].

Chang, H., et al., (2018) en China, podemos mencionar a su artículo de investigación "Construction simulation approach of roller-compacted concrete dam based on real-time monitoring" cuyo objetivo fue, evaluar un nuevo método para simulación del proceso constructivo de estructuras con CCR mediante monitoreo en tiempo real, este método fue empleado para proporcionar información registrada sólida, que fue brindada mediante esta metodología de monitoreo, para posteriormente realizar la simulación de la construcción de la estructura en tiempo real, también se pudo realizar la actualización de los parámetros de la presa de CCR, que se ajustan mejor a la situación real, proporcionada por la tecnología de actualización bayesiana, al generarse una base de datos meteorológicos se pudo predecir el clima en la zona del proyecto, e incluso este método puede mejorar la gestión de los cronogramas de control de ejecución de obra [38, pp. 1, 15].

Ghaedi, K., et al., (2018) en Australia, podemos mencionar a su artículo de investigación "Flexible Foundation Effect on Seismic Analysis of Roller Compacted Concrete (RCC) Dams Using Finite Element Method" donde considero identificar el comportamiento de los materiales ante un sismo en presa kinta con CCR, conocer la respuesta real y comportamiento de materiales internos que tendrá las estructuras de CCR, frente a las excitaciones de sismos, en condición de cimientos flexibles y también considerando el fluido acumulado, por lo tanto podemos concluir que, al considerar una base flexible de la presa, logra disminuir la respuesta de aceleración de la estructura, pero los desplazamientos que ocurren en la cresta aumentan, determinando que la base

flexible de la presa produce grietas de mayores dimensiones, pero disminuye los efectos de tensiones originados dentro del cuerpo en las presas de CCR [39, pp. 1, 3, 5-7, 11].



Imagen 9: Se muestra dos vistas panorámicas de diferentes ángulos, de la presa Kinta de concreto compactado con rodillo (CCR).

Fuente: Ghaedi et al., (2018).

Buczek, H., et al., (2018) en Estados Unidos, se hace mencion a su artículo de investigación “Clear Lake Dam Replacement: RCC Dam on a Challenging Soil Foundation” cuyo objetivo fue, diseñar un apresa de reemplazo de concreto compactado con rodillo, apoyada en un suelo inestable para el cual se realizara un análisis geotécnico, concluyendo que si se puede realizar construcciones de pequeñas presas en estas condiciones, los parámetros de diseño deben estar bien detallados para tener un control de la infiltración interna y los asentamientos que se puedan producir, también es posible emplear filtros tipo B y C, los cuales deben estar especificados en el diseño [40, pp. 1, 6, 12].

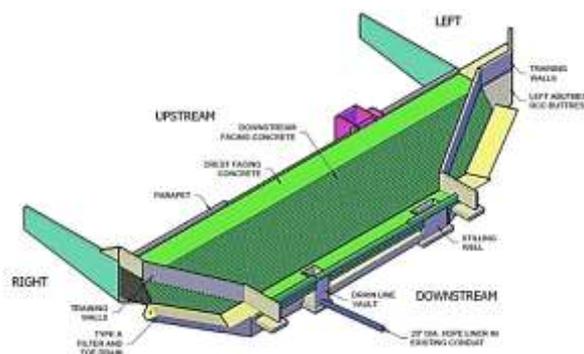


Imagen 10: Se muestra la vista aguas abajo de la presa de reemplazo de CCR, en Estados Unidos.

Fuente: Buczek et al., (2018).

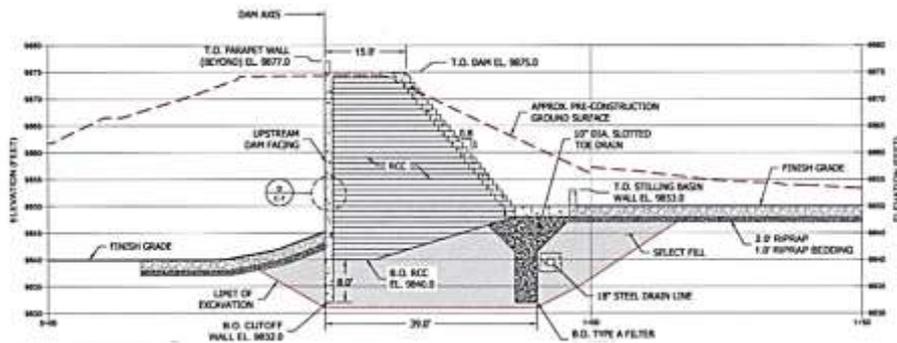


Imagen 11: Se muestra la sección del valle, de la presa de reemplazo de CCR, en Estados Unidos.

Fuente: Buczek et al., (2018).

Pacompia, C. (2014) en Cajamarca, podemos mencionar su investigación “Evaluación Geológica y Geotécnico para la construcción de la Presa Chonta – Cajamarca” cuyo objetivo fue, evaluar la zona y conocer la geología y sus características del suelo existente de la estructura hidráulica Chonta, donde se aplicara esta nueva tecnología del CCR, lo cual se realizaron la caracterización tanto geológica como geotécnica, y finalmente un análisis de materiales los que fueron empleados en su construcción, al evaluar la zona donde se proyecta la estructura hidráulica, presento gran parte de zonas rocosas, el rio chonta cuenta con un potencial hídrico que puede ser aprovechado para uso poblacional, riego y generación de energía eléctrica, se deja en claro que la estructura hidráulica contara con un sistema de defensa, evitando socavaciones al pie, esta zona se conformara por rocas impermeables de la formación Celendín (ks-ca) y el volcánico Huambos (Ts-vhu), y también depósitos cuaternarias los cuales tendrán contenido de material fino [41, p. 101].

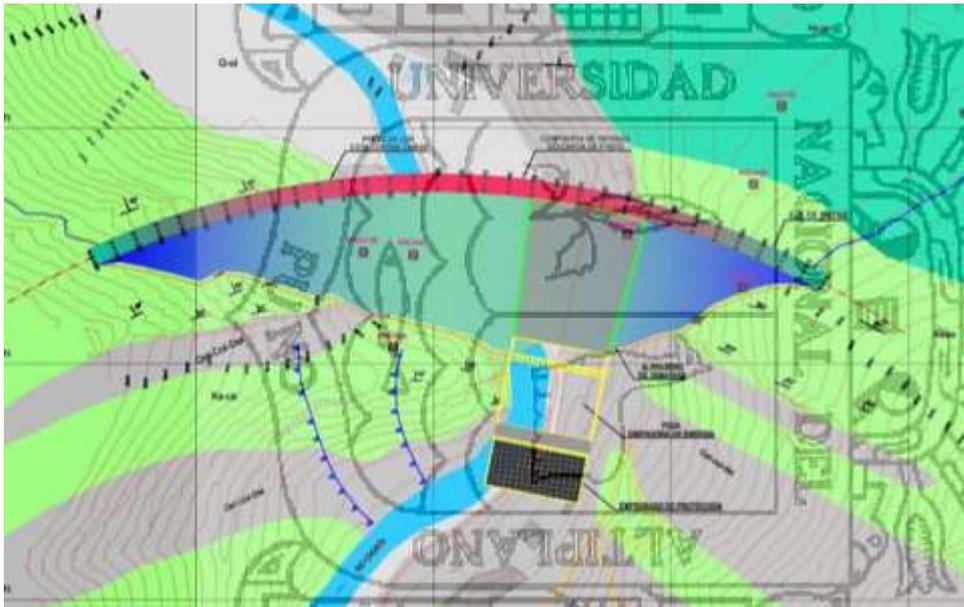


Imagen 12: Se muestra los planos proyectados de la geología de la Presa Chonta.

Fuente: Pacompia (2014).

Rodríguez, J. (2014) en Lima, hacemos mención a su investigación “Evaluación del óptimo contenido de cemento del concreto compactado con rodillo para la presa Pallca de la Central Hidroeléctrica Huanza” cuyo objetivo fue, conocer el porcentaje de cemento adecuado que debe aplicarse a la mezcla de CCR para la estructura hidráulica, donde se realizó un procedimiento detallado de la evaluación de la mezcla de CCR para este proyecto, por ello se elaboraron especímenes cilíndricos, los cuales fueron sometidos a pruebas de compresión, estos especímenes fueron elaborados aplicando un martillo vibratorio, todo esto se realizó bajo los parámetros de la normativa ASTM C 1435 y la norma relacionada a los concretos convencionales, el ACI que tiene mucha relación con la aplicación de esta metodología, llegando a determinar que esta técnica del CCR puede ser desarrollada y adaptada a las condiciones que presenta nuestro país [42, p. 1].

Escalaya, M., (2006) en Lima, podemos hacer mención a su tesis “Diseño de mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos” cuyo objetivo fue, proporcionar información para conocer los beneficios que

brinda el concreto compactado con rodillo (CCR), y también los procedimientos detallados, que son necesarios para realizar la composición, aplicando un suelo compactado, lo cual permitirá incrementar su aplicación en las distintas regiones de nuestro país, mediante el uso de la filosofía de suelo, y diseñar un CCR, desarrollando una variedad en ensayos a los materiales en especial al suelo, determinando de esta manera sus características físicas y propiedades, empleando nuevos equipos para realizar su compactación, es necesario realizar otros cálculos, y evaluar el uso de estos diseños para diferente proyectos, concluyendo que esta metodología geotécnica usada, si es viable para diseñar un CCR en presas y entre otros proyectos de nuestro país, abordando esta nueva tecnología como solución de nuevas presas, con la rapidez requerida y bajo costo [43, p. 1].

Hernández, E. (2018) en Arequipa, tenemos a su investigación “Presa y túnel para la central hidroeléctrica Cerro del Águila” cuyo objetivo fue, brindar información de las actividades realizadas en este proyecto, estructura que permitirá el almacenamiento de 37MM³, una elevación de 88m, y extensión con 264m, toda esta longitud abarcó, 14 bloques de una longitud de 16 metros cada uno, y a los extremos dos bloques de 20 metros, uno a cada extremo respectivamente, en cuanto al rodillo empleado en el proceso constructivo de la estructura, es un rodillo liso vibratorio, con una amplitud de compactación de 2.134m, con una potencia de 129hp, y un peso de 19tn, donde alcanza un rendimiento (R) de 160m³/h, donde intervienen; la velocidad de traslación (V) de 2km/h, ancho efectivo del rodillo (A) de 1.934m, descontando 0.20m a la amplitud de compactación que es de 2.134m, calculado para una capa de concreto compactado con rodillo en material suelto (D) de 0.30m, el número de pasadas necesarias para su optima compactación (N) de 6 pasadas, esto obtenido en una prueba a escala real, realizada previamente al inicio de las actividades, y finalmente la eficiencia de la preparación considerado por el equipo (E) de 0.83; teniendo entonces de esta manera la fórmula que permita calcular el rendimiento del rodillo:

$$R = \frac{V * E * D * A}{N} * 100 = \frac{2 * 0.83 * 0.30 * 1.934}{6} * 100 = 160m^3/h$$

La aplicación de esta nueva tecnología, para una mejora continua, y mejores diseños de concretos compactados con rodillo aplicados en presas [44, pp. 19, 39, 44].



Imagen 13: Se muestra la vista del cuerpo de presa aguas abajo; apreciando que los vertederos están en proceso de ejecución, así como los pedestales para las compuertas en la zona central de la cresta.

Fuente: Hernández (2018).



Imagen 14: Se muestra el Rodillo Liso Vibratorio, empleado para la compactación del concreto compactado con rodillo, en capas de 0.30m.

Fuente: Hernández (2018).

Respecto a esta nueva tecnología empleada para distintos proyectos los cuales son de gran importancia y tiene el fin de beneficio social, aun no se cuenta con la aplicación en campo y tampoco en investigaciones que estén centradas en desarrollar un CCR, en nuestra región Lambayeque.

1.3. Teorías relacionadas al tema

Definición del CCR

Tecnología que se caracteriza por el factor principal de su compactación, mediante un rodillo vibratorio, que son los mas empleados para la aplicación de este metodo. Es decir es un concreto convencional comun pero con la diferencia que tiene una consistencia sin asentamiento, con resultados de Slump igual a cero, en su estado fresco, para su transporte, colocación y compactacion, usando equipos adecuados para su construccion.

Esta Metodología con CCR se diferencia con técnicas comunes encontrados en proyectos estructurales, y fue creada hace unos 30 años atrás, aun teniendo un corto tiempo de aplicación a nivel mundial en la ingeniería civil, se ha desarrollado con mucha frecuencia en la construcción de presas y pavimentos, siendo su área de mejor desempeño y aplicación en estructuras hidráulicas verificando su comportamiento y la construcción de presas genera muchos más beneficios, no solo económicos sino también, solucionado una variedad de problemas que se origina en el momento de su ejecución de dichas estructuras de diferentes composiciones, para solucionar estos tipos de incidentes se propone, que hoy en día este método del CCR, tenga un mayor desarrollo en nuestro país.

Según Hernández, E. (2018) menciona que es un concreto que emplea el rodillo vibratorio para realizar su compactación, es decir tiene las características del concreto convencional, el detalle en este concreto que no tiene asentamiento en su estado fresco, tambien pueden aplicarse otros equipos para su compactacion (pág. 23).

Según Curasi, D. (2016) menciona que, el concreto compactado con rodillo ha sido desarrollado como una alternativa con ventajas económicas y rapidez para la construcción de los proyectos, su aplicación comenzó con mayor amplitud en los pavimentos, y en transcurrir el tiempo, ahora se viene desarrollando con mayor frecuencia en proyectos hidráulicos como la construcción de presas, al comparar con otras técnicas se puede comprobar que la mezcla de CCR ya endurecida, logra resistencias iguales o en algunos casos logra superarlo, uno de los beneficios que brinda este concreto, es que presenta un bajo contenido de humedad, alcanzando contenidos de humedad de 6.5% en proyectos de pavimentación y para la construcción de presas, se considera un porcentaje mucho menor (pág. 24).

Según Santaella, E. (1999) considera que la tecnología novedosa del CCR, no presenta asentamiento alguno y para ser consolidado se emplea un rodillo vibrante, sus diferencias con el concreto convencional son su dosificación y consistencia, también se considera la técnica aplicada ya que su procedimiento es diferente al del concreto convencional [45, p. 2].

Características generales de la mezcla

Según Guía Básica de Especificaciones (2013) en Colombia menciona que:

- Los materiales empleados en un CCR, también hacen empleo de polvo de sílice, ceniza volante, puzolanas y en algunas ocasiones aditivos.
- La cantidad adecuada de cemento que necesita este diseño, entre 60 y 360 kg/m³.
- Para realizar el procedimiento de diseñar y elaborar especímenes con CCR, se desarrolla de manera convencional.
- Algunas ocasiones dependiendo de la zona de abastecimiento de materiales, es decir la cantera de producción de los agregados, y estos tengan un contenido de humedad alto, ya no será necesario agregar agua de diseño.
- El desafío de este diseño de CCR, es que pueda soportar el paso de un rodillo vibratorio en su estado fresco [46, p. 1].

La filosofía del suelo

Según Santaella, E. (1999) considera que, la composición de un CCR, tiene la filosofía con un suelo procesado, expresado también como un agregado que tiene enriquecimiento de cemento para mejorar sus características mecánicas y resistencia, para el desarrollo del diseño se considera la relación densidad – humedad, seleccionando un agregado en específico, le correspondería un contenido de material cementante definido, logrando de esta manera obtener el contenido óptimo de humedad, para la carga aplicada en laboratorio que corresponde a la densidad o esfuerzo aplicado por los equipos en campo, en este caso por ejemplo un rodillo vibratorio. Se debe tomar en cuenta que la pasta generada en este diseño, no logra cubrir los vacíos que existen entre partículas de agregados luego de su compactación (pág. 8).

Agregado

Según Santaella, E. (1999) considerando que, es el material que abarca hasta un 80% del volumen total de materiales empleados para diseñar el concreto compactado con rodillo, estos agregados son seleccionados luego de haberse realizado los ensayos correspondientes, y finalmente cumplan con las especificaciones de las normativas vigentes para su aplicación, para consideración del tamaño máximo del agregado, algunos proyectistas limitan a una cuarta parte del espesor que tenga la capa de compactación, en algunos proyectos desarrollados en Colombia, para capas de 30cm, se aceptaron agregados entre 75 y 80mm, por otro lado algunos autores americanos consideran tamaños máximos se encuentren entre los límites de 6.5mm y 80mm para evitar la segregación de la mezcla al momento de colocar in-situ, la cual es aplicada frecuentemente, en otros países consideran que se encuentren entre 40 y 50 mm, mientras que Japón un país con el desarrollo avanzado de esta metodología, recomienda que no se debe exceder el tamaño máximo de 150mm (pág. 6).

Según Curasi, D. (2016) los materiales empleados como recursos naturales se detalla a continuación:

Agregado Fino: Considerado como el agregado menor a 4.75mm, conformada de arena natural o triturada, en algunas ocasiones la combinación de ambas.

Agregado Grueso: Se considera como el agregado mayor a 4.75mm, que proviene de partículas procesadas para obtenerla, las cuales están dentro de criterios y parámetros normados (pág. 26).

Cemento

Según Santaella, E. (1999) es el material que le brinda adherencia a la mezcla, diseñada con CCR, estos cementos recomendados y con mayor frecuencia de aplicación para este tipo de trabajos son, el cemento Tipo II o también el Tipo IV, teniendo en cuenta la norma ASTM, también puede emplearse un cemento mixto, entre las dos alternativas propuestas de cemento el que se aplicado con mayor frecuencia, es el cemento Tipo IV, debido a que proporciona de un 30% a 80% de contenido en peso de material Puzolánico naturales o artificiales, este material tiene partículas, las cuales pueden agruparse con otras que benefician a la mezcla con un cementante mineral, con la aplicación del componente hidratante H₂O, se forman la composición que tiene características parecidas con los constituyentes del Clinker portland (pág. 5).

Según Curasi, D. (2016) se define como un material pulverizado, que tiene una naturaleza inorganica, que al ser mezclado con el agua, comienza a endurecer, tambien es denominado como conglomeraente hidraulico, debido que tiene la capacidad de endurecer hasta debajo el agua, los beneficios son generar altas resistencias mecanicas y tambien productos insolubles en (pág. 25).

Agua

Según Curasi, D. (2016) definida como, el liquido capaz de tener multiples funciones y aplicaciones en el mismo diseño, es empleado tanto para realizar la mezcla diseñada, y tambien necesaria para realizar el curado de los especimenes en laboratorio y la estructura en campo, se recomienda se utilice agua potable para evitar problemas en obra (pág. 25).

1.4. Formulación del problema

¿Cómo influye la caracterización de materiales empleando suelo en la región Lambayeque y el tipo de cemento adecuado, en la composición del CCR?

1.5. Justificación e importancia del estudio

Metodología que permitirá aplicar esta nueva tecnología que es conocida a nivel mundial, y sea aplicada en nuestra región Lambayeque, teniendo como ámbito de aplicación en presas y carreteras reduciendo los presupuestos económicamente y su rapidez en el proceso de ejecución, de esta manera se podrán presentar nuevas propuestas de bajo costo, permitiendo el aprovechamiento de materiales de la zona, con propuestas en presas planteadas en el plan hidráulico regional de Lambayeque y también en carreteras, las cuales actualmente presentan un gran porcentaje de deficiencias en alcanzar su tiempo de duración adecuada.

1.6. Hipótesis

La caracterización de materiales empleando suelo de la región Lambayeque, y el tipo de cemento adecuado influye en la resistencia óptima que logre alcanzar la composición del CCR, el cual será aplicado en los diferentes ámbitos de construcción en la ingeniería civil, de nuestra región.

1.7. Objetivos

General

Diseñar un concreto compactado con rodillo (CCR), que alcance una óptima resistencia.

Específicos

Realizar un estudio de cantera para conocer los materiales empleados en la composición de la mezcla del CCR.

Determinar la caracterización en materiales empleados en la composición de la mezcla del CCR.

Establecer la proporción en peso y volumen de la composición del CCR y elaboración de especímenes y ser sometidos a pruebas de compresión.

Determinar la resistencia Optima que logre alcanzar la óptima composición del CCR, en nuestra región Lambayeque.

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación

Se considera como Experimental, debido al estudio físico-mecánicas de los materiales del suelo empleado, para determinar la resistencia optima que puede alcanzar al ser aplicada en la composición del CCR, a su vez es tecnológico.

Diseño de Investigación

Tiene enfoque cuantitativo, estudiando dos variables, las cuales contribuyen a la finalidad, de lograr un diseño de CCR, que alcance la resistencia óptima.

2.2. Variables y Operacionalización

Variables

Variables Independientes: Caracterización en los Materiales y Tipo de Cemento.

Variable Independiente 1 (VI 1): Caracterización de los Materiales.

Variable Independiente 2 (VI 2): Tipo de Cemento.

Variable Dependiente (VD): Mezcla de concreto compactado con rodillo (CCR).

2.2.1. Operacionalización de Variables

Variable de estudio		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Ítem	Instrumento	Valores Finales	Tipo de variable	Escala de Medición
Variable Independiente 1	Caracterización de los materiales.	Procedimiento realizado a los materiales de forma independiente con la finalidad de conocer sus propiedades físicas y mecánicas lo cual permite clasificar el material que cumpla con los criterios normativos.	Ensayos de laboratorio realizados a los materiales de forma independiente, los cuales se realizaron bajo parámetros normativos.	Granulometría	mm	A	Guía de Observación	Resultados de Laboratorio	VI - 2	Razón
				Módulo de Fineza	-					
				Contenido de Humedad	%					
				Peso Unitario Suelto	kg/m ³					
				Peso Unitario Compactado	kg/m ³					
				Peso Específico	g/cm ³					
				Absorción	%					
				Densidad Máxima	kg/m ³					
		Optima Humedad	%							
Variable Independiente 2	Tipo de Cemento.	Material seleccionado de acuerdo a las condiciones de diseño.	Calidad acreditada mediante la ficha técnica.	Temperatura	°C	B	Guía de Observación	Ficha Técnica	VI - 2	Razón
				Contenido de Cemento	kg					
				Calidad	-					
				Resistencia	kg/cm ²					
Variable Dependiente	Mezcla de concreto compactado con rodillo (CCR).	Diseño de mezcla final conseguido a partir de una serie de pruebas de laboratorio, con la finalidad de obtener el diseño óptimo para proyectos de la región Lambayeque.	Planteamiento y experimentación de los diseños propuestos para finalmente determinar el diseño con la resistencia proyectada y la calidad requerida.	Dosificación en Peso	kg	C	Guía de Observación	Resultados de Diseño	VD	Razón
				Dosificación en Volumen	p ₃					
				Resistencia a la Compresión	Kg/cm ²					

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

Población

De acuerdo a su naturaleza del proyecto se considera realizar un estudio de canteras, material que será empleado en la composición del CCR en nuestra región Lambayeque.

Muestra

Establecida por el nuevo diseño de concreto compactado con rodillo (CCR), y teniendo en cuenta que se determinara la resistencia optima que logre alcanzar el diseño, se ha considerado elaborar 30 especímenes de concreto compactado con rodillo, los cuales se aplicaran fuerza de compresión axial.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos

Observación: Debido a detalles encontrados en campo y a los ensayos desarrollados en laboratorio, los cuales nos permitirá conocer las características de los agregados de las canteras estudiadas, para realizar el registro y control de datos se emplearon los formatos correspondientes para un correcto análisis y validación de resultados.

Análisis de documentos: Teniendo en cuenta los criterios y parámetros planteado en el proyecto, se realizó un análisis y selección de proyectos de tesis de grado, artículos científicos y la normativa vigente.

Instrumentos de recolección de datos

Guía de observación: Un mejor desarrollo y facilidad de recopilación de datos se empleó formatos convenientes establecidos en las normas vigentes, para cada ensayo realizado a los agregados, procesado mediante la aplicación del Software Microsoft Excel.

Validez y Confiabilidad de datos

Guía de análisis documental: Se aplicó la norma técnica peruana (NTP) y ASTM, las cuales rigen estándares detalladas y apropiadas, con la finalidad de obtener un resultado confiable, en los ensayos realizados en laboratorio a las muestras de suelo, el cual será empleado en la composición del CCR, el procesamiento de datos con una confiabilidad del 95% mediante la aplicación de Softwares.

Método de análisis de datos

Desarrollar el procesamiento de información se realizarán ensayos experimentales para obtener los datos recolectados y serán procesados mediante Softwares, teniendo en cuenta que los datos serán proporcionados mediante los resultados de ensayos realizados en sus respectivos formatos.

Procedimiento de Elaboración de Especímenes:

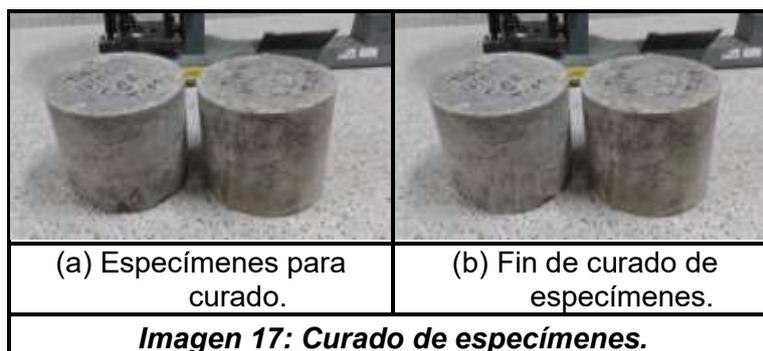
Para permitir la evaluación de las proporciones de mezclas, se elaboraron probetas cilíndricas de 6 Pulg de diámetro y 5 Pulg de altura. Se utilizaron moldes metálicos partidos para facilitar el desmolde y un collar de extensión de 2 Pulg de altura para permitir la compactación de la última capa y nivelar la superficie superior del espécimen después de la compactación.



Las probetas se elaboraron vaciando la mezcla en cinco capas, cada capa se compactó con 56 golpes en capas aproximadas de 1 pulgada, realizando un rallado entre capa y capa para facilitar la adherencia entre ellas. Una vez elaboradas las probetas se obtuvo su peso unitario, basado en el volumen de los moldes metálicos.



Curado de los especímenes: Después de aproximadamente 18 horas de vaciadas las probetas se procedieron a desmoldar, para el curado de este tipo de concreto se sometió a curado utilizando el método de sumergir en pozas de agua hasta los días correspondientes a realizar las pruebas de compresión. Los especímenes fueron mantenidos en curado hasta un día antes del ensayo.



Con cada una de las mezclas preparadas, se sometieron a prueba de compresión para determinar su resistencia por centímetro cuadrado y su influencia de vibrado y contenido de humedad óptima para cada diseño, que tienen un porcentaje distinto de cemento en distintas capas.



Para cada tipo de mezcla y para las edades de ensayo de 7, 14, 28 días se prepararon especímenes cilíndricos de CCR. Para la determinación de la influencia del vibrado y contenido de agua en los diseños respectivos y determinar su mejor comportamiento al realizar correctamente su proceso de elaboración.



2.5. Procedimiento de análisis de datos

Se realizará un proceso, y evaluación de estudios realizados, mediante la aplicación de las estadísticas descriptivas e inferencial, teniendo en cuenta el nivel de confiabilidad del 95%, los softwares empleados serán, Excel, SPSS última versión, y otros que permitan llegar obtener el diseño óptimo de un concreto compactado con rodillo (CCR).

2.6. Criterios Éticos

De los datos Personales

Sera autorizada para ser empleada en beneficio y aprovechamiento de nuevas investigaciones, en cuanto a su publicación se realizará en cualquier medio, siempre y cuando se garantice de manera fehaciente la voluntad del autor.

Protección y confidencialidad de datos personales

Los resultados e información de esta investigación tienen la finalidad de beneficio para nuevas investigaciones, y los datos personales es la información que identifica al autor como una persona natural.

Se protege la seguridad de los datos personales, de tal manera que se prohíbe todo tipo de medio fraudulento o ilegal.

La confidencialidad de datos, implica que las personas encargadas de la base de datos personales están obligados a guardar confidencialidad.

2.7. Criterios de Rigor Científico

Tomando consideraciones con la universidad señor de Sipan, bajo los cuales se han realizado diferentes investigaciones de carácter científico. Poniendo estándares que periten estructurar el comportamiento moral correcto del investigador que se sustenta de manera positiva, en beneficio social garantizando que la investigación sirva de fuente de aporte a nuevas investigaciones y cumpliendo con los principios éticos establecidos por la universidad donde se desarrollara esta investigación, teniendo en cuenta las normas vigentes.

De la investigación

Esta investigación se ha realizado con mucha responsabilidad y honestidad en cuanto al desarrollo de sus ensayos y resultados obtenidos, resaltando el compromiso con la que se realizó.

En su procedimiento se ha realizado teniendo en cuenta la normativa institucional, nacional e internacional, que regula esta investigación, para cuidar la naturaleza y aprovecharla para beneficiar la sociedad y tiene su ámbito de desarrollo netamente de campo, en la descripción de la problemática y trabajos previos se ha empleado artículos de investigación tanto internacionales, nacionales y locales, por lo que se ha realizado la recolección de fuentes de información en sentido estricto tanto en la citas realizadas como en sus referencias.

Es decir, nuestra investigación está basada conforme a las normas APA séptima edición, de esa manera se estará cumpliendo con los criterios del Art. 17°, numeral “h”, especificado por el Código de Ética de la USS.

Se ha tomado en cuenta para nuestra investigación, fuentes debidamente citadas referenciadas, para evitar el plagio. Cumpliendo con las normas y principios que brinde la confiabilidad de nuestra investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Resultado en Tablas, Figuras y Gráficos

Resultados Obtenidos para Objetivo Especifico 1

Estudio de Cantera La Victoria

Con la finalidad de explorar las canteras potenciales de materiales que acrediten los estándares requeridos para la investigación, dentro de las canteras evaluadas se ha logrado identificar la cantera “La Victoria”, la cual mantiene una producción constante de agregado fino, se ubica a 4km del distrito de Pátapo, exactamente en el caserío las canteras, donde se procedió a tomar las muestras necesarias para realizar los ensayos de laboratorio así mismo el material requerido para la elaboración del diseño en sus diferentes proporciones de cemento y capas de compactación.



Imagen 20: Ubicación de Cantera La Victoria.

Estudio de Cantera Tres Tomas

Con la finalidad de explorar las canteras potenciales de materiales que acrediten los estándares requeridos para la investigación, dentro de las canteras evaluadas se ha logrado identificar la cantera “tres Tomas”, la cual mantiene una producción constante de agregado grueso, se ubica a 9km del distrito de mesones muro, en la cual se encontró un area de explotación de material adecuada donde se tomaron las muestras de material que fueron sometidos a ensayos de laboratorio así como su empleabilidad en el diseño luego de cumplir con los parámetros requeridos.

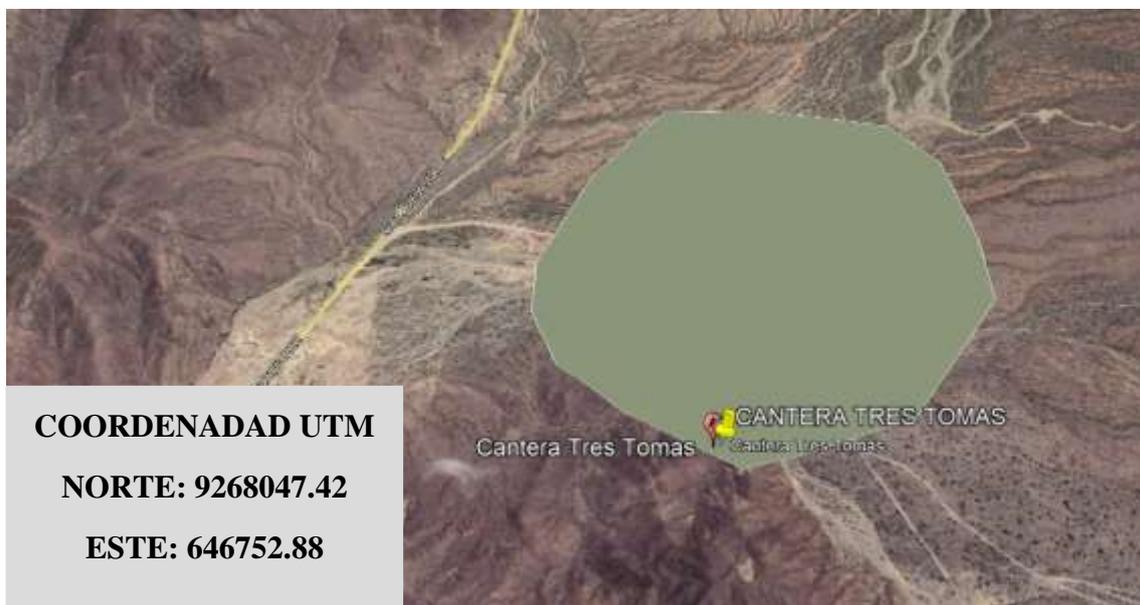


Imagen 21: Ubicación de Cantera Tres Tomas.

Resultados Obtenidos para Objetivo Especifico 2

Agregado Fino

Tabla I: Granulometría

TAMIZAS TM	ABERTURAS m.m.	PESO RET.	% RET.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	76.200				ASTM C 33	
2 1/2"	63.500					Ubicación : Cantera: La Victoria-Pátapo
2"	50.800					Tamaño Máximo : 3/8"
1 1/2"	38.100					Muestra : M-1
1"	25.400					Material : Arena gruesa
3/4"	19.050					Peso Total : 600.00 gr
1/2"	12.700					Límite Líquido : N.P
3/8"	9.520			100	100	Límite Plástico : N.P
1/4"	6.350					
Nº 4	4.760	18.5	3.09	96.91	95 - 100	
Nº 8	2.380	111.2	18.53	78.38	80 - 100	
Nº 10	2.000					
Nº 16	1.190	127.1	21.18	57.20	50 - 85	
Nº 20	0.840					
Nº 30	0.590	47.5	7.91	49.29	25 - 60	Observaciones:
Nº 40	0.426					Humedad natural : 2.23%
Nº 50	0.297	127.2	21.20	28.09	5 - 30	Módulo de fineza : 2.87
Nº 60	0.250					Absorción : 1.42%
Nº 80	0.177					
Nº 100	0.149	112.8	18.80	9.29	0 - 10	
Nº 140	0.100					
Nº 200	0.074	42.6	7.10	2.19		
< 200			2.19			

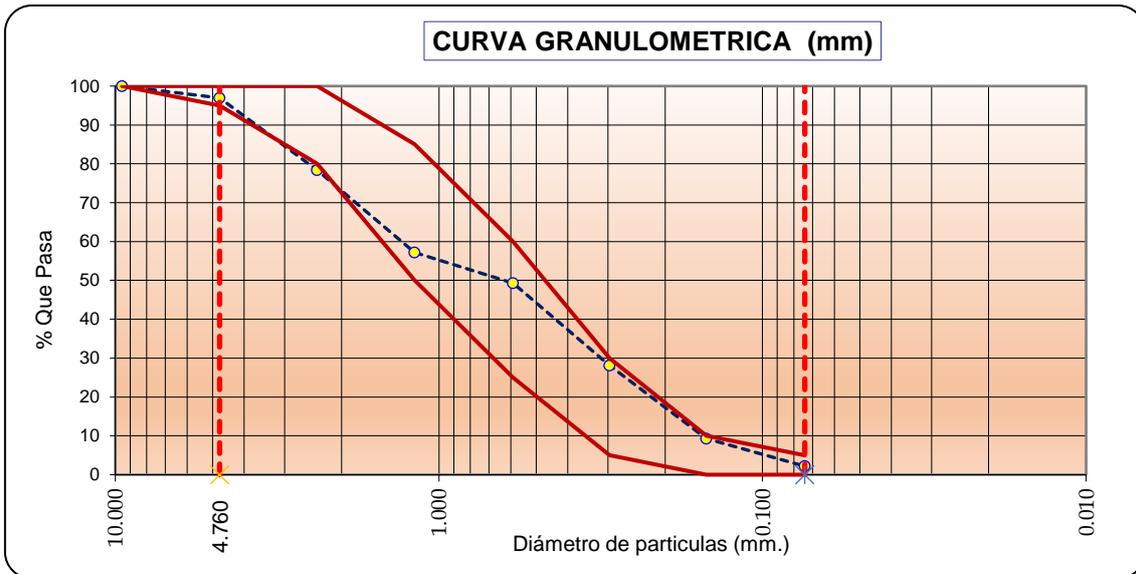


Imagen 22: Curva Granulométrica de Agradado Fino.

Tabla II: Analisis Químico de Cloruros y Sulfatos

		Tipo de Análisis: Analisis Químico		
		M-01	M-02	
		ARENA	ARENA	
Cloruros Cl ⁻	ppm	354	306	
	%	0.04	0.03	0.03
Sulfatos SO ₄ ²⁻	ppm	1002	1320	
	%	0.10	0.13	0.12

Tabla III: Ensayo Normalizado de Finos que pasa tamiz N° 200

Número de determinación		1
Código de tara		T-1
Peso inicial muestra seca + peso de tara	g.	500.0
Peso final muestra seca + peso de tara	g.	488.9
Peso de finos < tamiz N°200	g.	11.1
Peso de tara	g.	0.0
Peso de muestra retenida en tamiz N°200	g.	488.9
Material más fino que pasa por el tamiz N°200	%	2.21

Tabla IV: Ensayo de Peso Específico y Absorción

A.- Datos de la arena		
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	975.4
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	g	667.3
4.- Peso del Agua.	g	308.1
5.- Peso del Frasco	g	167.3
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	g	660.3
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	493.0
8.- Volumen del frasco.	cm ³	500.0
B.- Resultados		
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	g/cm ³	2.569
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm ³	2.605
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm ³	2.666
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	1.42

Tabla V: Ensayo de Peso Unitario Suelto y Compactado

1.- PESO UNITARIO SUELTO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	4633	4648
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		4633	4648
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00288	0.00288
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1607	1612
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1603	
2.- PESO UNITARIO COMPACTADO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	5257	5231
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		5257	5231
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00288	0.00288
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1823	1814
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1811	

Tabla VI: Determinación de Modulo de Fineza

Peso Hum. :	600		Peso Seco:	586.9
Modulo de Fineza:		2.871	Cont., Hum. :	2.23
Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acum.	% Que Pasa
3/8"	0	0.0	0.0	100.0
Nº4	18.5	3.2	3.2	96.8
Nº8	111.2	18.9	22.1	77.9
Nº16	127.1	21.7	43.8	56.2
Nº30	47.5	8.1	51.8	48.2
Nº50	127.2	21.7	73.5	26.5
Nº100	112.8	19.2	92.7	7.3
FONDO	42.6	7.3	100.0	0.0

Tabla VII: Ensayo estándar de Equivalente de Arena

MUESTRA Nº		1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)		Nº 4	Nº 4	Nº 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)		11.12	11.33	11.25
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)		2.80	2.80	2.90
EQUIVALENTE DE ARENA		25.18 %	24.71 %	25.78 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)		26.0 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2013):				
$f'c \leq 21$ MPa (210 Kg/cm ²)		65 %	Mínimo	
$f'c > 21$ MPa (210 Kg/cm ²)		75 %	Mínimo	

Tabla VIII: Parámetros de Cumplimiento de Materiales

ENSAYOS	RESULTADOS	PARAMETRO	CONDICIÓN
Granulometría agregado fino		ASTM C33	SI
Índice de Plasticidad (% máximo)	N.P	No plástico	SI
Equivalente de Arena (% mínimo)	26.0	65 Min	SI
Material que pasa el tamiz nº 200 (% máximo)	2.21	3 Máx.	SI
Contenido de sulfatos (% máximo)	0.12	1.2 Máx.	SI
Contenido de cloruros (% máximo)	0.03	0.1 Máx.	SI
Absorción de agua, (% máximo)	1.42	4 Máx.	SI
Módulo de fineza	2.87	2.3 - 3.1	SI
Humedad natural	2.23	---	SI

Agregado Grueso

Tabla IX: Granulometría

TAMIZAS TM	ABERTURA m.m.	PESO RET.	% RET.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	76.200				HUSO # 67	
2 1/2"	63.500					Tres Tomas Cantera : - Ferreñafe
2"	50.800					Tamaño Máximo : 3/4"
1 1/2"	38.100					Muestra : M-1
1"	25.400			100	100	Material : Chancada
3/4"	19.050	592.1	15.74	84.26	90 - 100	Peso Total : 3762.00 gr
1/2"	12.700	2006.3	53.33	30.93	-----	
3/8"	9.520	627.5	16.68	14.25	20 - 55	Observaciones: Humedad natural : 0.85
1/4"	6.350					
Nº 4	4.760	514.6	13.68	0.57	0 - 10	
Nº 8	2.380	14.3	0.38	0.19	0 - 5	
Nº 10	2.000					
Nº 16	1.190	7.1	0.19	0.00		
< 200		2.6	0.07			

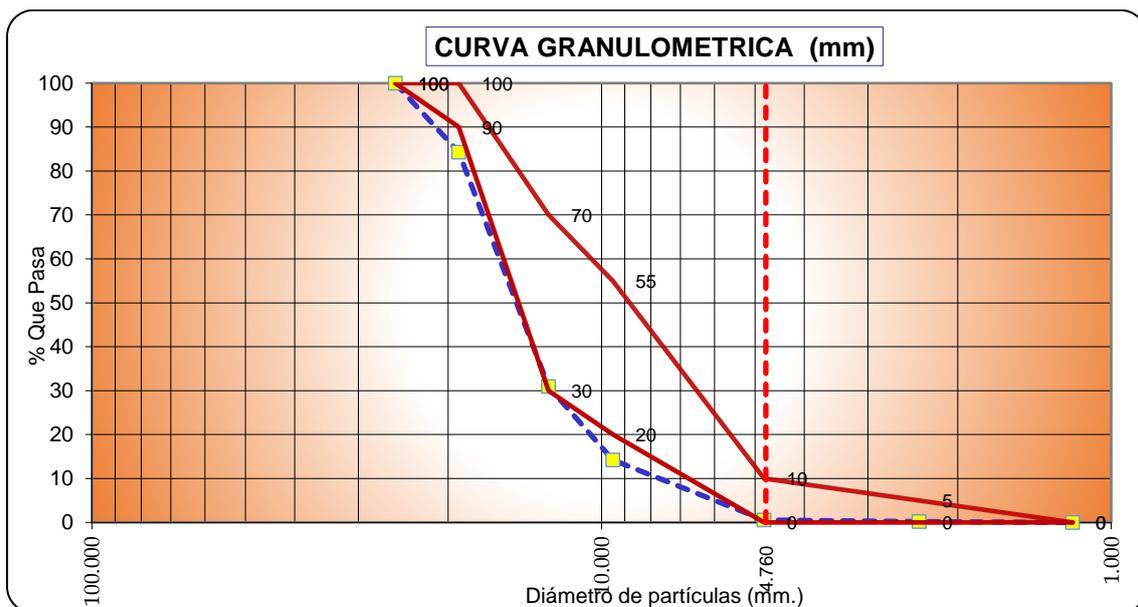


Imagen 23: Curva Granulométrica de Agregado Grueso.

Tabla X: Ensayo de Peso Unitario Suelto y Compactado

PESO UNITARIO SUELTO		
Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g.	8765.0
Peso de molde de ensayo vacío	g.	0
Peso neto muestra contenida	g.	8724.0
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00557
Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1565
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1557

PESO UNITARIO COMPACTADO		
Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g.	8901.0
Peso de molde de ensayo vacío	g.	0
Peso neto muestra contenida	g.	8903.0
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00557
Peso unitario compactado húmedo	kg/m ³	1597
Peso unitario compactado seco	kg/m ³	1589

Tabla XI: Determinación de Partículas Chatas y Alargadas

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			Peso Retenido	Chatas y Alargadas	% Corregido
Malla		(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa			
Pulg.	(mm.)						
3"	76.20	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.00
2"	50.80	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.00
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.00
1"	25.40	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.00
3/4"	19.05	30.1	30.1	69.9	260.0	18.9	2.19
1/2"	12.70	39.6	69.8	30.2	342.0	7.2	0.83
3/8"	8.75	30.2	100.0	0.0	261.0	6.2	0.72
FONDO		100.0				Total	0.85

	Pulg.	(mm.)
Tamaño Máximo	1"	38.10
Tamaño Máximo Nominal	3/4"	25.40
Peso Total de la Muestra	grs.	863.00
Partículas Chatas y Alargadas	%	3.74

Tabla XII: Determinación de Partículas con una Cara de Fractura.

MATERIAL		A	B	C	D	E
PASA Tamiz	RETENIDO Tamiz	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	(%)	CxD
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	260	205	78.8	43.0	3394
1/2"	3/8"	342	260	76.0	56.6	4305
FONDO		604			100.0	7732

Peso Total de la Muestra	grs.	604
Partículas con una cara fracturada	%	77.3

A = PESO MUESTRA g.
 B = PESO DE MATERIAL CON CARAS FRACTURADAS g.
 C = PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS %.
 D = PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL %.
 E = PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS.

Tabla XIII: Determinación del Desgaste de Agregados.

I.- DATOS	ENSAYO N°	1
	GRADUACION	"B"
	ESFERAS	12
	RECUPERADO TOTAL	5000.0
	1 1/2" - 1"	0.0
	1" - 3/4"	0.0
	3/4" - 1/2"	2500.0
	1/2" - 3/8"	2500.0
	VUELTAS	500
	RETENCION N° 12	3842.0
	% RETENIDO N° 12	76.84 %
	% DESGASTE	23.16 %
	% UNIFORMIDAD	1.49 %
	% TOTAL	100 %
	PROMEDIO	23.2 %

NOTA:

- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas: 11, Revoluciones: total 500

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Tabla XIV: Determinación de la Inalterabilidad de Agregados.

I.- DATOS:	TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
	Pasa	Retiene	
	2"	1 1/2"	0.5
	50 mm	37.5 mm	
	1 1/2"	3/4"	1.0
	37.5 mm	19 mm	
	3/4"	1/2"	1.3
	19 mm	12.5 mm	
	1/2"	3/8"	1.0
	12.5 mm	9.5 mm	
	3/8"	Nº 4	2.4
	9.5 mm	4.75 mm	

II.- RESULTADO:

DESGASTE TOTAL	(%)	6.2
----------------	-----	------------

OBSERVACIONES:

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Tabla XV: Analisis Químico de Cloruros y Sulfatos

Tipo de Análisis: Analisis Químico

Muestra : Agregado grueso

		M-01	M-02	
		GRAVA	GRAVA	
Cloruros Cl ⁻	ppm	241	263	
	%	0.02	0.03	0.03
Sulfatos SO ₄ ²⁻	ppm	998	1032	
	%	0.10	0.10	0.10

Tabla XVI: Determinación de Contenido de Humedad

A.- CONTENIDO DE HUMEDAD			
A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	6035	6035
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	5984	5984
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.9	0.9
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.85	

Tabla XVII: Parámetros de Cumplimiento de Materiales

ENSAYOS	RESULTADOS	PARAMETRO	CONDICIÓN
Granulometría agregado grueso		HUSO # 67	SI
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (% máximo)	23.2	40 Máx.	SI
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos (% máximo)	6.2	12 Máx.	SI
Partículas fracturadas una cara (% mínimo)	77.3	60 Min	SI
Partículas chatas y alargadas (% máximo)	3.74	10 Máx.	SI
Contenido de sulfatos (% máximo)	0.10	1.00 Máx.	SI
Contenido de cloruros (% máximo)	0.03	0.10 Máx.	SI
Humedad natural	0.85	---	SI

Resultados Obtenidos para Objetivo Especifico 3

Se realizaron tres diseños diferentes los cuales fueron evaluados con la finalidad de lograr obtener el diseño adecuado del CCR, emperando proporciones de cemento de 10%, 12% y 14%.

Diseño de Mezcla de CCR con 10% de Cemento

Tabla XVIII: Dosificación en Peso de Diseño de Mezcla CCR

DOSIFICACIÓN EN PESO

DESCRIPCION	PESOS SECOS/m ³	HUMEDAD	PESOS kg/m ³	PROPORCIÓN
CEMENTO	206.7	-	206.7	1.00
AGREGADO FINO	837.135	18.67	855.80	4.05
AGREGADO GRUESO	837.135	7.12	844.25	4.05
ARENA	186.03	5	191.03	0.90
AGUA	176.315	37.8	138.48	28.47

RELACION A/C EFECTIVA	0.67	138.49
-----------------------	------	--------

Tabla XIX: Dosificación en Volumen de Diseño de Mezcla CCR

DOSIFICACION EN VOLUMEN

DESCRIPCION	EN P3	PROPORCIÓN
CEMENTO	4.864	1
AGREGADO FINO	20.8	4.28
AGREGADO GRUESO	20.381	4.19
ARENA	4.157	0.85
AGUA	28.474	28.47

Diseño de Mezcla de CCR con 12% de Cemento

Tabla XX: Dosificación en Peso de Diseño de Mezcla CCR

DOSIFICACIÓN EN PESO

DESCRIPCION	PESOS SECOS/m3	HUMEDAD	PESOS kg/m3	PROPORCIÓN
CEMENTO	251.52	-	251.52	1.00
AGREGADO FINO	830.016	19.2	849.19	3.38
AGREGADO GRUESO	830.016	13.4	843.37	3.35
ARENA	184.448	5	189.43	0.75
AGUA	198.743	37.5	161.23	27.24
RELACION A/C EFECTIVA	0.64			

Tabla XXI: Dosificación en Volumen de Diseño de Mezcla CCR

DOSIFICACION EN VOLUMEN

DESCRIPCION	EN P3	PROPORCIÓN
CEMENTO	5.918	1
AGREGADO FINO	20.624	3.48
AGREGADO GRUESO	20.208	3.41
ARENA	4.121	0.7
AGUA	27.244	27.24

Diseño de Mezcla de CCR con 14% de Cemento

Tabla XXII: Dosificación en Peso de Diseño de Mezcla CCR

DOSIFICACIÓN EN PESO

DESCRIPCION	PESOS SECOS/m3	HUMEDAD	PESOS kg/m3	PROPORCIÓN
CEMENTO	292.46	-	292.46	1.00
AGREGADO FINO	808.443	18.7	827.12	2.83
AGREGADO GRUESO	808.443	13	821.45	2.81
ARENA	179.654	4.9	184.5	0.63
AGUA	195.004	36.5	158.47	23.03
RELACION A/C EFECTIVA	0.54			

Tabla XXIII: Dosificación en Volumen de Diseño de Mezcla CCR

DOSIFICACION EN VOLUMEN

DESCRIPCION	EN P3	PROPORCIÓN
CEMENTO	6.881	1
AGREGADO FINO	20.088	2.92
AGREGADO GRUESO	19.683	2.86
ARENA	4.014	0.58
AGUA	23.029	23.03

Resultados Obtenidos para Objetivo Especifico 4

Dentro de los diseños realizados el de mejor resultados fue el diseño de mezcla número tres con una compactación de cuatro capas la cual se obtiene resultados con baja dispersión, con una adición de 14% de cemento logrando alcanzar resistencias altas que benefician a la investigación y poder acreditar que es posible diseñar un concreto compactado con rodillo en nuestra region, teniendo la consideración que para cada proyecto tenga su diseño propio para considerar parámetros de sitio de acuerdo a sus características propias.

Tabla XXIV: Resistencias a la Compresión Promedio según % de Adición, para tres capas de Compactación.

CAPAS	EDAD (DIAS)	% CEMENTO	RESISTENCIA (Kg/cm ²)
3	0	10%	0
	7	10%	89.8
	14	10%	119.2
	28	10%	141.4

CAPAS	EDAD (DIAS)	% CEMENTO	RESISTENCIA (Kg/cm ²)
3	0	12%	0
	7	12%	115.6
	14	12%	138.2
	28	12%	140.6

CAPAS	EDAD (DIAS)	% CEMENTO	RESISTENCIA (Kg/cm ²)
3	0	14%	0
	7	14%	162.6
	14	14%	205
	28	14%	215.2

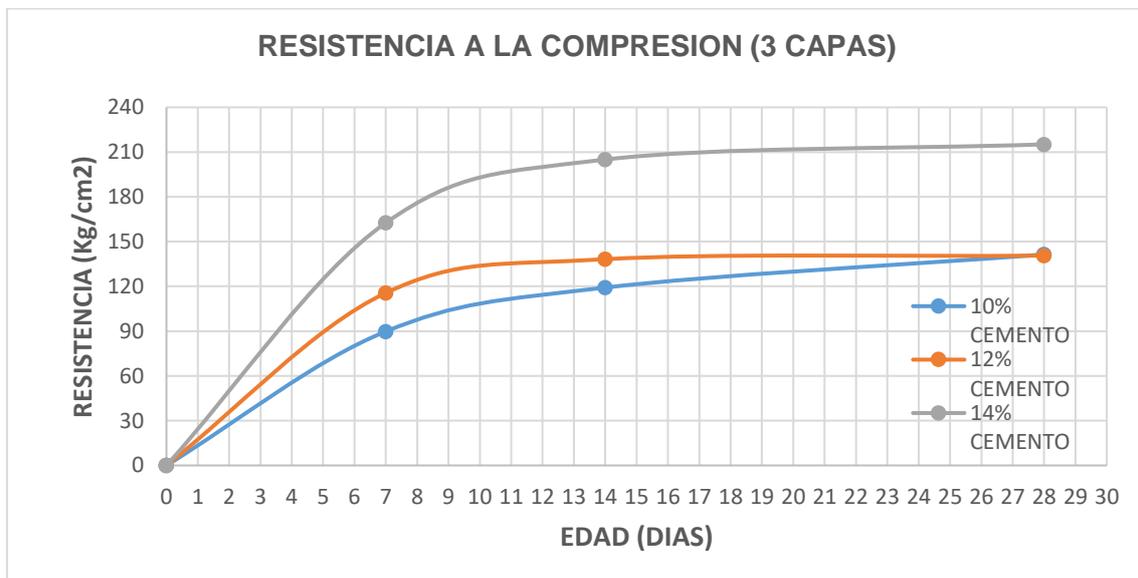


Imagen 24: Curva de Resistencias a la Compresión Alcanzadas para tres capas de compactación, según adición de Cemento de 10%, 12% y 14%, para 7, 14 y 28 días respectivamente.

Tabla XXV: Resistencias a la Compresión Promedio según % de Adición, para cuatro capas de Compactación.

CAPAS	EDAD (DIAS)	% CEMENTO	RESISTENCIA (Kg/cm2)
4	0	10%	0
	7	10%	102.6
	14	10%	126
	28	10%	141

CAPAS	EDAD (DIAS)	% CEMENTO	RESISTENCIA (Kg/cm2)
4	0	12%	0
	7	12%	126.8
	14	12%	159.20
	28	12%	165.20

CAPAS	EDAD (DIAS)	% CEMENTO	RESISTENCIA (Kg/cm2)
4	0	14%	0
	7	14%	178
	14	14%	216
	28	14%	236

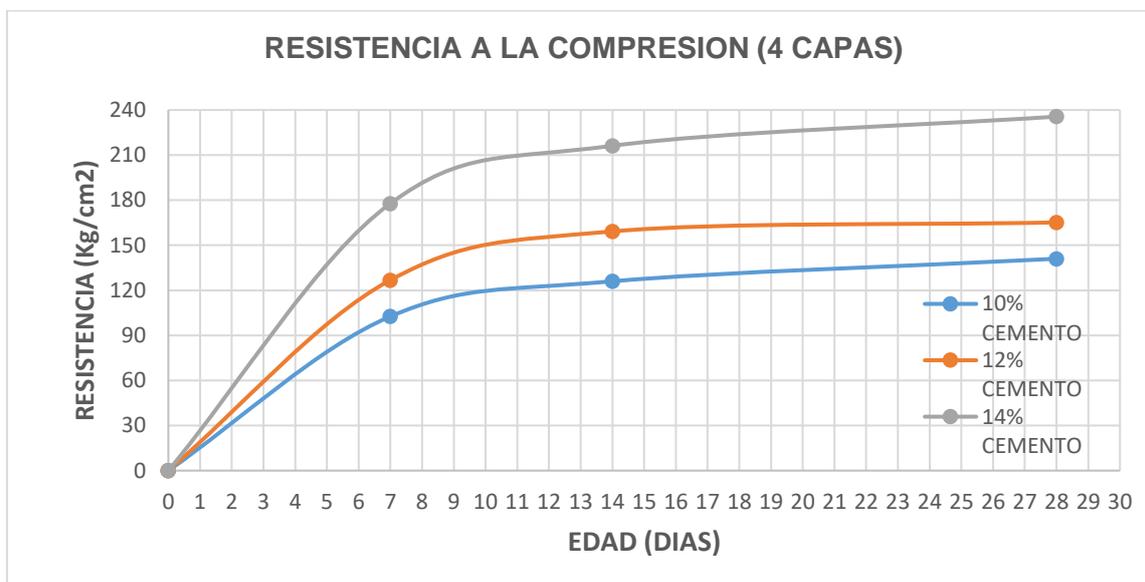


Imagen 25: Curva de Resistencias a la Compresión Alcanzadas para cuatro capas de compactación, según adición de Cemento de 10%, 12% y 14%, para 7, 14 y 28 días respectivamente.

3.2. Discusión de Resultados

Discusión 1: Del Estudio de Canteras

Dentro el proyecto desarrollado por Hernández, E. (2018), asegura que la elección de materiales y su procedencia es de mucha importancia para este tipo de diseños a realizar, en ese mismo sentido Pérez, G y Vasconcellos, G (2017) hace mención encontrar la capacidad de producción de materiales para cubrir con las expectativas del proyecto, cumpliendo con los estándares normativos y contribuya con los resultados de resistencia y durabilidad del concreto compactado con rodillo diseñado, es por ello que en esta investigación se ha desarrollado una evaluación de canteras que cuentan con la capacidad y producción constante en las diferentes obras de la región Lambayeque, donde se tomaron muestras y verificando su cumplimiento con la normativa vigente, así mismo cooperar con los resultados de forma positiva en el diseño realizado en esta investigación.

Discusión 2: Características de los materiales empleados

Los materiales a emplearse en este tipo de diseños que posteriormente serán controlados en la etapa de ejecución, deberán ser investigados mediante pruebas físicas y químicas con la finalidad de conocer las características de cada uno de los materiales que serán empleados en un concreto en masa nos menciona Anwar, K et al (2019), dentro de los resultados obtenidos a los ensayos realizados a los materiales en cuanto al agregado fino de los ensayos físicos se obtuvo un material con un contenido de humedad del 2.23%, un módulo de fineza de 2.87, porcentaje de absorción de 1.42%, peso unitario suelto seco de 1603 kg/m³, peso unitario compactado seco de 1811 kg/m³, del ensayo químico se determinó que contiene un 330 ppm de cloruros que equivale a un 0.03%, 1161 ppm de sulfatos que equivale a un 0.12% los cuales están por debajo de los parámetros máximos, así mismo del agregado grueso de los ensayos físicos se obtuvo un contenido de humedad de 0.85, tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ", peso unitario suelto seco de 1557 kg/m³, peso unitario compactado seco de 1589 kg/m³, porcentaje

de desgaste 23.2%, porcentaje de inalterabilidad de 6.2%, en los ensayos químicos se tiene 525 ppm de cloruros que equivale al 0.03%, 1015 ppm de sulfatos que equivale a 0.10%, los resultados obtenidos de los ensayos realizados están dentro de los parámetros normativos los cuales nos aseguran un buen comportamiento y resultados beneficiosos en nuestra investigación.

Discusión 3: Proporciones en peso y volumen

De los tres diseños realizados los cuales tienen el 10%, 12% y 14% de contenido de cemento respectivamente, las proporciones con mejores resultados obtenidos fue con un porcentaje de 14% de contenido de cemento, logrando proporción en peso (cemento, A. fino, A. Grueso, arena, agua) de 1: 2.83: 2.81: 0.63: 23.03, proporción en volumen de 1: 2.92: 2.86: 0.58: 23.03, en escala de resultados obtenidos se tuvo en siguiente posición al diseño con un 12% de cemento logrando proporción en peso (cemento, A. fino, A. Grueso, arena, agua) de 1: 3.38: 3.35: 0.75: 27.24, proporción en volumen de 1: 3.48: 3.41: 0.70: 27.24, mientras que con el 10% de cemento se ha logrado resistencias menores a los diseños pero dentro de los rangos con proporción en peso (cemento, A. fino, A. Grueso, arena, agua) de 1: 4.05: 4.05: 0.90: 28.47, proporción en volumen de 1: 4.28: 4.19: 0.85: 28.47, los cuales contribuyen y poder afirmar que los diseños realizados pueden ser aplicados para cualquier tipo de proyecto así mismo lograr resistencias de acuerdo a las características y criterios requeridos.

Discusión 4: Selección de resistencia optima

De acuerdo a las resistencias alcanzadas basadas en los diseños con adiciones en diferentes porcentajes de cemento y el número de capas de compactación, el criterio más crítico de los dos será empleado como la mezcla de diseño, considerando que los resultados de mayor resistencia a la compresión se obtuvieron en el diseño con un 14% de cemento y en cuatro capas de compactación, permitió lograr resistencias de 178kg/cm², 216kg/cm², 236kg/cm², a los 7, 14 y 28 días respectivamente, para el 12%

de cemento adicionado se logró obtener resistencias de 126.8kg/cm², 159.20kg/cm², 165.20kg/cm², que corresponden a 7, 14, 28 días, finalmente las resistencias obtenidas para el 10% de adición fueron 102.6kg/cm², 126kg/cm², 141kg/cm², adicionalmente tener en cuenta que este tipo de concretos aumenta su resistencia con el paso del tiempo.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se ha logrado realizar el estudio de las canteras de “La Victoria” y “Tres Tomas”, las cuales cumplen con las condiciones de sitio, capacidad de producción, parámetros normativos, asegurando de esta manera la calidad de materiales a emplear en nuestro diseño de concreto compactado con rodillo (CCR).

Se ha determinado las propiedades físicas y químicas de los materiales de cantera a los cuales fueron sometidos a ensayos de laboratorio, logrando acreditar su calidad manteniéndose dentro de los parámetros normativos para ser empleados en el diseño, del agregado fino contenido de humedad del 2.23%, un módulo de fineza de 2.87, porcentaje de absorción de 1.42%, peso unitario suelto seco de 1603 kg/m³, peso unitario compactado seco de 1811 kg/m³, 330 ppm de cloruros, 1161 ppm de sulfatos, del agregado grueso contenido de humedad de 0.85, tamaño máximo nominal de ¾", peso unitario suelto seco de 1557 kg/m³, peso unitario compactado seco de 1589 kg/m³, porcentaje de desgaste 23.2%, porcentaje de inalterabilidad de 6.2%, en los ensayos químicos se tiene 525 ppm de cloruros, 1015 ppm de sulfatos, propiedades de los materiales individuales que cooperan y aseguran buen resultados en el diseño propuesto.

Se ha establecido las proporciones en peso y volumen de los tres diseños realizados, basados en el 10%, 12% y 14% de cemento, desarrollados en tres capas de compactación y cuatro capas de compactación, logrando elaborar un total de 90 especímenes que fueron sometidos a ensayos de compresión, donde se obtuvo proporción en peso del diseño con 14% de cemento, proporción en peso (cemento, A. fino, A. Grueso, arena, agua) de 1: 2.83: 2.81: 0.63: 23.03, proporción en volumen de 1: 2.92: 2.86: 0.58: 23.03, diseño con un 12% de cemento, proporción en peso (cemento, A. fino, A. Grueso, arena, agua) de 1: 3.38: 3.35: 0.75: 27.24, proporción en volumen de 1: 3.48: 3.41: 0.70: 27.24, mientras que con el 10% de cemento, proporción en peso

(cemento, A. fino, A. Grueso, arena, agua) de 1: 4.05: 4.05: 0.90: 28.47, proporción en volumen de 1: 4.28: 4.19: 0.85: 28.47, permitiendo tener proporciones que pueden ser modificadas de acuerdo a la resistencia que requiera cada proyecto.

Logrando determinar el diseño óptimo, el cual cuenta con el 14% de cemento y compactado en cuatro capas, con proporción en peso (cemento, A. fino, A. Grueso, arena, agua) de 1: 2.83: 2.81: 0.63: 23.03, proporción en volumen de 1: 2.92: 2.86: 0.58: 23.03, obteniendo resistencias de 178kg/cm², 216kg/cm², 236kg/cm², a los 7, 14 y 28 días respectivamente, estas resistencias aseguran su incremento con el paso del tiempo para este tipo de concretos.

4.2. Recomendaciones

Para la incorporación de material cementante de una forma adecuada es recomendable incrementar entre 1% a 2%.

En la etapa de ejecución se debe controlar mediante un tramo de prueba de CCR, construida con los agregaos, material cementante y equipos a emplear en el sitio.

Realizar un adecuado análisis de los materiales ensayados de forma individual y se encuentren dentro de los parámetros normativos para asegurar resultados beneficiosos y reales.

Determinar correctamente las proporciones de diseño los cuales servirán para ser aplicados en campo, dando lugar a un tramo de prueba previo a su autorización a la etapa de ejecución.

Referencias

- [1] Curasi, D, «Diseño del concreto compactado con rodillo (CCR), para presas en la región de Puno,» Repositorio UNAP, 2016.
- [2] A. Aldemir, B. Binici y A. Gharibdoust, «Seismic behaviour of roller compacted concrete dams under different base treatments,» *Taylor and Francis Ltd*, vol. 16, nº 2, p. 13, 2019.
- [3] Aniskin, N y Nguyen, C, «Mathematical model of temperature regime and thermal stress state of roller-compacted concrete gravity dam,» *Instituto de Publicacion Fisica*, vol. 1425, nº 1, p. 10, 2020.
- [4] K. Anwar, N. Babar, H. Muhammad, J. Muhammad, M. Syed y Z. Syed, «Suitability of Gini Moraines as Natural Pozzolanic Material for the Diamer Basha Dam Project,» *ICE Publishing*, vol. 172, nº 4, p. 21, 2019.
- [5] Bamaga, S y Bayagoob, K, «Construction of Roller Compacted Concrete Dams in Hot Arid Regions,» *MDPI AG*, vol. 15, nº 1, p. 2, 2019.
- [6] H. Buczek, S. Jmieson, D. Lopez y G. Monley, «Clear Lake Dam Replacement: RCC Dam on a Challenging Soil Foundation,» *Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE)*, vol. 12, nº 1, p. 1, 2018.
- [7] Z. Mengxi , L. Mingchao, R. Qiubing, D. Shengli, S. Wen y S. Yang, «Thermal deformation coordination analysis of CC-RCC combined dam structure during construction and operation periods.,» *Elsevier Ltd*, p. 14, 2020.
- [8] M. Soltanianfard, V. Toufigh y M. Ghaemian, «The Interface Behavior of Rock, Conventional Vibrated and Roller Compacted Concrete.,» *Springer*, p. 21, 2019.
- [9] C. Guoliang , C. Shu , Z. Xiazhong y J. Zhou, «Exposure Assessment for Roller Compacted Concrete Dam Construction Integrated Real Time Location Information.,» *Springer*, p. 12, 2020.
- [10] N. Aniskin y C. Nguyen , «Mathematical model of temperature regime and thermal stress state of roller-compacted concrete gravity dam.,» *Instituto de Publicacion Fisica*, p. 10, 2020.
- [11] Y. Huang y Z. Wan, «Deformation monitoring analysis of an RCC gravity dam considering frost heaving in an alpine region: a case study,» *Taylor y Francis Ltd*, p. 16, 2020.
- [12] H. Vosoughifar y M. Khorani, «Optimal Sensor Placement of RCC Dams using Modified Approach of COMAC-TTFD,» *Springer Verlag*, p. 15, 2019.
- [13] L. Minghui, D. Shaohui, C. Wenlong, W. Xiaoling y Z. Yushan, «Probabilistic Risk Assessment of RCC Dam Considering Grey-Stochastic-Fuzzy Uncertainty.,» *Springer Verlag*, p. 15, 2018.

- [14] L. Mingchao, Z. Mengxi, Y. Shen y N. Xu, «Deformation coordination analysis of RCC gravity dams with functionally graded structures,» *Tsinghua University Press*, p. 9, 2018.
- [15] K. Bani, W. Daoud, K. Hazirbaba y O. Mughieda, «Numerical modelling of dynamic stability of RCC dam.,» *EDP Sciences*, p. 7, 2018.
- [16] R. Flynn, E. Musselman, J. Young y G. Zimmer, «Desarrollo y evaluación del concreto compactado con rodillos enriquecidos con lechada y aire.,» *American Concrete Institute*, p. 2, 2018.
- [17] W. Bowen, L. Huokun, G. Minghan, X. Wei y X. Zhenkai, «Modeling method for predicting seepage of RCC dams considering time-varying and lag effect,» *John Wiley and Sons Ltd*, p. 14, 2018.
- [18] D. Curasi, «Diseño del concreto compactado con rodillo (CCR), para presas en la región de Puno,» *Repositorio UNAP*, p. 186, 2016.
- [19] P. Lunarejo, «Concretos compactados por rodillado.,» *UNI*, p. 2, 2000.
- [20] I. Trujillo, «Uso del concreto rodado en presas.,» *UNI*, p. 2, 2002.
- [21] G. Pérez y G. Vasconcellos, «Evaluación de Tres Alternativas de Proyecto de Presa para el Embalse Palo Redondo.,» *UPC*, p. 2, 2017.
- [22] E. Zavaleta, «Concreto compactado con rodillo aplicado a pavimentos utilizando método de compactación de suelos.,» *UNC*, p. 2, 2017.
- [23] A. Aldemir, B. Binici y A. Gharibdoust, «Seismic behaviour of roller compacted concrete dams under different base treatments,» *Taylor and Francis Ltd*, p. 13, 2019.
- [24] S. Bowen, Z. Jiawen, Z. Mengxi, L. Mingchao, M. Qiaoling y S. Lingguang, «Nonlinear Dynamic Response of a CC-RCC Combined Dam Structure under Oblique Incidence of Near-Fault Ground Motions.,» *MDPI AG*, p. 18, 2020.
- [25] L. Donghai, S. Longfei y X. Xietian, «Development and application of multi-parameter adjustable laboratory device for simulating roller-compacted concrete compaction.,» *Tsinghua University Press*, p. 9, 2019.
- [26] S. Bamaga y K. Bayagoob, «Construction of Roller Compacted Concrete Dams in Hot Arid Regions.,» *MDPI AG*, p. 15, 2019.
- [27] C. Gu, W. Yin y E. Zhao, «Equivalent Inverse Analysis on Thermodynamic Parameters of Compacted Layers in RCC Dam.,» *Instituto de Publicacion Física*, p. 7, 2019.
- [28] Z. Cheng, P. Lü, B. Ren, X. Wang y H. Yu, «Multi-Objective Optimization of Seepage Control Structures of RCC Dams Based on the Surrogate Model,» *Universidad de Tianjín*, p. 11, 2019.

- [29] K. Anwar, N. Babar, H. Muhammad, J. Muhammad, M. Syed y Z. Syed, «Suitability of Gini Moraines as Natural Pozzolanic Material for the Diامر Basha Dam Project.,» *ICE Publishing*, p. 21, 2019.
- [30] Y. Xing, H. Du y Z. Tian, «5D visual feedback and control of compaction quality of working units of RCC dam.,» *Tsinghua University Press*, p. 12, 2019.
- [31] G. Coraiola, F. Cunha de Andrade, K. Geus, W. Godoi, B. Medeiros, M. Honnicke, K. Portella, S. Ribeiro y V. Swinka, «Expounding structures of roller compacted concrete dam specimens by means of hard conventional X-ray inspection.,» *Elsevier Ltd*, p. 17, 2019.
- [32] H. Dai, Q. Liu, R. Shi y X. Shang, «Simulation and Research on Temperature Field of Taishan Roller Compacted Concrete Gravity Dam.,» *Instituto de Publicacion Física*, p. 7, 2019.
- [33] H. Chen y Z. Liu, «Temperature control and thermal-induced stress field analysis of GongGuoQiao RCC dam.,» *Springer Paisés Bajos*, p. 11, 2019.
- [34] C. Meena, T. Praveen y I. Silva, «Coupled Seepage–Stress Analysis of Selected Roller-Compacted Concrete Gravity Dam with Upstream Impervious Layer Considering the Seepage Behavior of Interface Thickness.,» *Springer*, p. 12, 2019.
- [35] Q. Genquan y C. Yangxian, «A Case Study On Zoning And Construction Of Roller Compacted-Concrete Gravity Dams.,» *EDP Sciences*, p. 6, 2018.
- [36] H. Liu, H. Su, M. Yang, X. Yan y Z. Wen, «Early-warning model of deformation safety for roller compacted concrete arch dam considering time-varying characteristics.,» *Elsevier Ltd*, p. 16, 2018.
- [37] Z. Guoxin, W. Lei, W. Pengyu y Y. Song, «Effects of fly ash and crystalline additive on mechanical properties of two-graded roller compacted concrete in a high RCC arch dam.,» *Elsevier Ltd*, p. 9, 2018.
- [38] H. Chang, Q. Wang, B. Wu, J. Yu y D. Zhong, «Construction simulation approach of roller-compacted concrete dam based on real-time monitoring.,» *Universidad de Shejiang*, p. 17, 2018.
- [39] K. Ghaedi, F. Hejazi, Z. Ibrahim y P. Khanzaei, «Flexible Foundation Effect on Seismic Analysis of Roller Compacted Concrete (RCC) Dams Using Finite Element Method.,» *Springer Verlag*, p. 13, 2018.
- [40] H. Buczek, S. Jmieson, D. Lopez y G. Monley, «Clear Lake Dam Replacement: RCC Dam on a Challenging Soil Foundation.,» *Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE)*, p. 12, 2018.
- [41] C. Pacompia, «Evaluación Geológica y Geotécnico para la construcción de la Presa Chonta – Cajamarca,» *Repositorio UNAP*, p. 163, 2014.
- [42] J. Rodríguez, «Evaluación del óptimo contenido de cemento del concreto compactado con rodillo para la presa Pallca de la Central Hidroeléctrica Huanza.,» *UNI*, p. 3, 2014.

- [43] M. Escalaya, «Diseño de mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos.,» *UNI*, p. 3, 2006.
- [44] E. Hernández, «Presa y túnel para la central hidroeléctrica Cerro del Águila.,» *UNSA*, p. 94, 2018.
- [45] E. Santaella, «Comentarios sobre el concreto compactado con rodillo (CCR),» *UNI*, p. 15, 1999.
- [46] Guía Básica de Especificaciones, «Soluciones expertas para la construcción,» *Toxement*, p. 4, 2013.
- [47] Linghua et al, «The mechanical property and frost resistance of roller compacted concrete by mixing silica fume and limestone powder: Experimental study,» *Elsevir Ltd*, p. 11, 2020.
- [48] Azman et al, «Analysis of different flow regimes in the stepped weir dump.,» *Springer*, p. 2, 2020.
- [49] Shen y Xu, «Prediction of shear strength parameters between layers for RCC dams using an artificial neural network and a fuzzy logic system.,» *Prensa de la Universidad de Tsinghua*, p. 2, 2019.
- [50] Zhang et al, «Analysis of dynamic mechanical property of roller - compacted concrete and constitutive damage model establishment.,» *Central South University of Technology*, p. 2, 2019.
- [51] Zhong et al, «Dynamic simulation oriented to the construction phase: taking the RCC dam placement process as an example.,» *Universidad Tecnica Vilnius Gadiminas*, p. 2, 2019.
- [52] Huang et al, «Experimental analysis and numerical calculation on the equivalent strength of the induced joints of different ages and degrees of weakness.,» *Sociedad Cerámica de Japón*, p. 2, 2019.

ANEXOS

ANEXO 01: Resultados de Laboratorio

ANEXO 02: Panel Fotográfico