

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“OPTIMIZACIÓN DE UN CONCRETO PLÁSTICO
AL INCORPORAR LA BENTONITA PARA EL
SISTEMA DE CONTROL DE FILTRACIONES EN
DIQUES MINEROS, HUARAZ - ÁNCASH”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Joe Luis Osorio Mallma

Asesor:

Mg. Jvan Jovanovic Aguirre

<https://orcid.org/0000-0003-1609-1704>

Lima - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	JOSE LUIS NEYRA TORRES	21454204
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

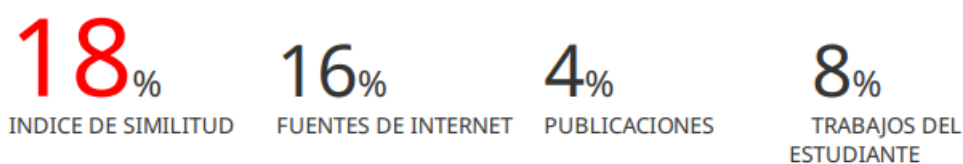
Jurado 2	ERICK HUMBERTO RABANAL CHAVEZ	42009981
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	NEICER CAMPOS VASQUEZ	42584435
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

OPTIMIZACIÓN DE UN CONCRETO PLÁSTICO AL INCORPORAR LA BENTONITA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE FILTRACIONES EN DIQUES MINEROS, HUARAZ - ÁNCASH

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	pastebin.com Fuente de Internet	1 %
2	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	1 %
3	www.slideshare.net Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	1library.co Fuente de Internet	1 %
6	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1 %
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR.....	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE GRÁFICOS	12
RESUMEN	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática.....	14
1.2. Antecedentes de la investigación	15
1.2.1. Antecedentes internacionales	15
1.2.2. Antecedentes nacionales	17
1.3. Bases teóricas	20
1.3.1. Bentonita	20
1.3.1.1. Propiedades de la bentonita.....	21
1.3.2. Concreto plástico.....	21
1.3.2.1. Características del material para el concreto plástico.....	22
1.3.2.2. Ensayos de control para el concreto en estado fresco	24
1.3.2.3. Ensayos de control para el concreto en estado endurecido	25
1.3.2.4. Parámetros del concreto plástico para zanja y núcleo de diques	28
1.3.3. Presas de material suelto.....	28
1.3.3.1. Tipos de presas de materiales suelos	29
1.3.4. Sistema de control de filtraciones de diques o presas.....	31

1.4.	Formulación del problema	32
1.4.1.	Problema general	32
1.4.2.	Problemas específicos	32
1.5.	Justificación	33
1.5.1.	Justificación práctica	33
1.5.2.	Justificación metodológica	33
1.5.3.	Justificación teórica	34
1.6.	Objetivos.....	34
1.6.1.	Objetivo general	34
1.6.2.	Objetivos específicos	34
1.7.	Hipótesis	35
1.7.1.	Hipótesis general.....	35
1.7.2.	Hipótesis específicas.....	35
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA		36
2.1.	Metodología de la investigación	36
2.2.	Tipo de investigación.....	36
2.3.	Nivel de investigación.....	36
2.4.	Diseño de investigación.....	36
2.5.	Población y muestra	37
2.5.1.	Población.....	37
2.5.2.	Muestra	37
2.6.	Variables.....	38
2.6.1.	Definición conceptual de la variable.....	38
2.6.2.	Definición operacional de la variable	38
2.6.3.	Operacionalización de la variable	39
2.7.	Técnicas e instrumentos de recopilación de datos	39
2.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	41
CAPÍTULO III: RESULTADOS		43
3.1.	Materiales para el diseño de mezcla del concreto plástico.....	43

3.2.	Dosificación del concreto plástico	46
3.3.	Comportamiento del concreto plástico en estado fresco	48
3.4.	Comportamiento del concreto plástico en estado endurecido	52
3.5.	Prueba de hipótesis.....	65
3.5.1.	Hipótesis “a”: Asentamiento del concreto plástico	65
3.5.2.	Hipótesis “b”: Módulo de elasticidad del concreto plástico	66
3.5.3.	Hipótesis “c”: Permeabilidad del concreto plástico	68
3.5.4.	Hipótesis “d”: Resistencia a compresión Inconfinada	69
3.5.5.	Hipótesis “e”: Resistencia a compresión del concreto plástico.....	71
3.6.	Costos de producción del concreto plástico.....	73
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		78
4.1.	Discusión de resultados	78
4.1.1.	Consistencia del concreto plástico al incorporar la bentonita	78
4.1.2.	Módulo de elasticidad del concreto plástico al incorporar la bentonita.....	78
4.1.3.	Permeabilidad del concreto plástico al incorporar la bentonita	79
4.1.4.	R. Compresión no confinada del concreto plástico al incorporar la bentonita	79
4.1.5.	Resistencia a compresión del concreto plástico al incorporar la bentonita	80
4.2.	Conclusiones	81
4.3.	Recomendaciones.....	82
REFERENCIAS		83
ANEXOS		86
Anexo N°01: Matriz de consistencia y operacionalización de variables.....		86
Anexo N°02: Instrumentos de recopilación de datos.....		86
Anexo N°03: Certificados de ensayos en laboratorio		86
Anexo N°04: Ficha Técnica de Insumos		86
Anexo N°05: Ficha de validación por juicio de expertos		86
Anexo N°06: Panel fotográfico		86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Composición química de la bentonita	20
Tabla N° 2	Requisitos químicos para el agua de mezcla.....	22
Tabla N° 3	Limites químicos e inalterabilidad del agregado	23
Tabla N° 4	Requisitos granulométricos del agregado.....	23
Tabla N° 5	Clasificación del concreto por su consistencia.....	24
Tabla N° 6	Tolerancias para las edades a realizar el ensayo de resistencia a compresión.....	27
Tabla N° 7	Requisitos de debe cumplir el concreto plástico impermeable	28
Tabla N° 8	Cantidad de ensayos que se requiere para la investigación	37
Tabla N° 9	Detalle de operacionalización de variables	39
Tabla N° 10	Resultados de la validación por juicio de expertos por el método de Contenido	40
Tabla N° 11	Rangos de calificación de juicio de expertos por el método de coeficiente de validez de contenido	41
Tabla N° 12	Resultado del análisis granulométrico del A. Fino	44
Tabla N° 13	Resultado del análisis granulométrico del A. Grueso.....	45
Tabla N° 14	Propuesta de 9 diseños de mezcla para optimizar el concreto plástico.....	46
Tabla N° 15	Resultados del asentamiento del concreto plástico	48
Tabla N° 16	Resultados del contenido de aire del concreto plástico.....	49
Tabla N° 17	Resultados del tiempo de fraguado del concreto plástico	50
Tabla N° 18	Resultados del módulo de elasticidad del concreto plástico a los 21 días	52
Tabla N° 19	Resultados del módulo de elasticidad del concreto plástico a los 28 días	53
Tabla N° 20	Resultados del ensayo de permeabilidad del concreto plástico a los 21 días	55
Tabla N° 21	Resultados del ensayo de permeabilidad del concreto plástico a los 28 días	56
Tabla N° 22	Resultados de la resistencia a compresión del concreto plástico a los 14 días	58
Tabla N° 23	Resultados de la resistencia a compresión del concreto plástico a los 28 días	59
Tabla N° 24	Resultados de la R.C. Inconfinada del concreto plástico a los 21 días	62

Tabla N° 25	Resultados de la R.C. Inconfinada del concreto plástico a los 28 días	63
Tabla N° 26	Prueba de hipótesis del asentamiento del concreto plástico	65
Tabla N° 27	Prueba de hipótesis del módulo de elasticidad del C. Plástico a los 21 días	66
Tabla N° 28	Prueba de hipótesis del módulo de elasticidad del C. Plástico a los 28 días	67
Tabla N° 29	Prueba de hipótesis de la permeabilidad del concreto plástico	68
Tabla N° 30	Prueba de hipótesis de la R.C. Inconfinada del concreto plástico a los 21 días	69
Tabla N° 31	Prueba de hipótesis de la R.C. Inconfinada del concreto plástico a los 28 días	70
Tabla N° 32	Prueba de hipótesis de la R. Compresión del concreto plástico a los 14 días	71
Tabla N° 33	Prueba de hipótesis de la R. Compresión del concreto plástico a los 28 días	72
Tabla N° 34	Costo por 1m ³ de concreto plástico / DC-125	73
Tabla N° 35	Costo por 1m ³ de concreto plástico / DC-126	73
Tabla N° 36	Costo por 1m ³ de concreto plástico / DC-127	74
Tabla N° 37	Costo por 1m ³ de concreto plástico / DC-128	74
Tabla N° 38	Costo por 1m ³ de concreto plástico / DC-129	75
Tabla N° 39	Costo por 1m ³ de concreto plástico / DC-130	75
Tabla N° 40	Costo por 1m ³ de concreto plástico / DC-131	76
Tabla N° 41	Costo por 1m ³ de concreto plástico / DC-132	76
Tabla N° 42	Costo por 1m ³ de concreto plástico / DC-133	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1	Propiedades físicas y químicas del Cemento Portland HS	22
Figura N° 2	Compresómetro para el módulo de elasticidad del concreto.....	26
Figura N° 3	Equipo Torrent Permeabilímetro.....	26
Figura N° 4	Esquema de patrones de tipos de fracturas producidas a compresión	27
Figura N° 5	Esquema de una presa homogénea con sus drenantes.....	29
Figura N° 6	Esquema de una presa de núcleo	30
Figura N° 7	Esquema de una presa pantalla	31
Figura N° 8	Control de filtración con Zanja o núcleo impermeabilizante del dique	32
Figura N° 9	Planta envasadora de bentonita	43
Figura N° 10	Ensayos de control de calidad del agregado grueso y fino	46
Figura N° 11	Preparación del concreto plástico en laboratorio.....	47
Figura N° 12	Prueba de consistencia del concreto plástico.....	49
Figura N° 13	Ensayo del tiempo de fraguado del concreto plástico	51
Figura N° 14	Ensayo de permeabilidad del concreto plástico	58
Figura N° 15	Ensayo de resistencia a compresión del concreto plástico.....	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1	Control de los límites máximos de la curva granulométrica del A. Fino.....	44
Gráfico N° 2	Control de la gradación del A. Grueso de Huso 67.....	45
Gráfico N° 3	Evaluación de las cantidades de los materiales para el concreto plástico.....	47
Gráfico N° 4	Monitoreo del asentamiento del concreto plástico cada 30 min.....	48
Gráfico N° 5	Comportamiento del contenido de aire del concreto plástico.....	50
Gráfico N° 6	Comportamiento del tiempo de fraguado inicial y final del concreto plástico.....	51
Gráfico N° 7	Comportamiento del módulo de elasticidad del concreto plástico a los 21 días.....	52
Gráfico N° 8	Comportamiento del módulo de elasticidad del concreto plástico a los 28 días.....	53
Gráfico N° 9	Rango del módulo de elasticidad en los diseños de C.P.....	54
Gráfico N° 10	Evolución del módulo de elasticidad C.P en el tiempo de 21 y 28 días.....	54
Gráfico N° 11	Comportamiento de la permeabilidad del concreto plástico a los 21 días.....	55
Gráfico N° 12	Comportamiento de la permeabilidad del concreto plástico a los 28 días.....	56
Gráfico N° 13	Rango aceptable de la permeabilidad de los diseños del Concreto plástico.....	57
Gráfico N° 14	Evolución de la permeabilidad del C.P en el tiempo de 21 y 28 días.....	57
Gráfico N° 15	Comportamiento de la R. Compresión del concreto plástico a los 14 días.....	59
Gráfico N° 16	Comportamiento de la R. Compresión del concreto plástico a los 28 días.....	60
Gráfico N° 17	Rango aceptable de la R. Compresión de los diseños del Concreto plástico.....	60
Gráfico N° 18	Evolución de la R. Compresión del C.P en el tiempo de 14 y 28 días.....	61
Gráfico N° 19	Comportamiento de la R.C. Inconfinada del concreto plástico a los 21 días.....	62
Gráfico N° 20	Comportamiento de la R.C. Inconfinada del concreto plástico a los 28 días.....	63
Gráfico N° 21	Rango aceptable de la R.C. Inconfinada de los diseños del Concreto plástico.....	64
Gráfico N° 22	Evolución de la R.C. Inconfinada del C.P en el tiempo de 21 y 28 días.....	64
Gráfico N° 23	Evaluación del costo por 1m ³ de concreto plástico incorporado la bentonita.....	77

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo optimizar el concreto plástico incorporando la bentonita, puesto que consiste en colocar un material impermeable en la zanja y núcleo para el sistema de control de filtraciones en diques mineros.

La metodología utilizada fue científica, se propuso 9 diseños mejorados con distintas cantidades de bentonita para ser analizados de acuerdo con los requerimientos para la impermeabilización del dique, por lo que se realizó los ensayos de asentamiento, módulo de elasticidad, permeabilidad, resistencia inconfina y resistencia a compresión.

Se concluye que el diseño es el DC-131 mejora el comportamiento del concreto plástico, puesto que cumple con todos los parámetros establecidos para el control de filtración del dique minero, donde incrementa su impermeabilidad, es trabajable y resistente.

Palabras clave: Concreto plástico, bentonita, impermeabilización de dique.

NOTA

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto**, por determinación de los propios autores amparados en el Texto Integrado del Reglamento RENATI, artículo 12.

REFERENCIAS

- ASTM C 1017. (2007). Especificación Normalizada para Aditivos Químicos para Uso en la Producción del Concreto Fluido. Estados Unidos.
- ASTM C 469. (2002). Método de ensayo estándar para determinar el Módulo de elasticidad estático y relación de poisson del concreto a compresión. Estados Unidos.
- DGDM. (Diciembre de 2017). Perfil de mercado de la Bentonita. *Dirección General de Desarrollo Minero*. México.
- GOLDER. (2019). Especificación Técnica: Zanja de concreto plástico. *Informe 104-16062-MTE2915-ESP-430-C-0026*. Perú.
- Hernández. (2014). *R*. (Vol. 6ta). México: McGRAW-HILL.
- Hernández, N. (27 de Abril de 2011). *Instrumentos de Recolección de Datos en Ciencias Sociales y Ciencias Biomédicas: Valiez y Confiabilidad. Diseño y Construcción. Normas y Formatos*. España.
- Hevia, R. (2007). *Bentonitas: Propiedades y usos Industriales*. (SERGEMAR, Editor), de Instituto Nacional de Tecnología Industrial: <http://www-biblio.inti.gov.ar/trabinti/304599.pdf> (consultado el 20 de junio 2023)
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto* (Vol. 1er). Illinois, Estados Unidos: Portland Cement Association.
- Largo, D., & Villamarin, K. (2013). Características y activación química de arcilla tipo bentonita para su evaluación en la efectividad de remoción de fenoles presentes en aguas residuales. Colombia.
- Maya, E. (Marzo de 1993). Evaluación de la norma UNE 83.309-90 respecto a su aplicación para el control de la permeabilidad al agua del hormigón. *Revista de Edificación*. España: Universidad de Navarra.
- Navas, M., & Blanco, M. (2014). Reparación de un Dique seco en el Ferrol/España. *Informes de la Construcción*. España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- NTC 2271. (2003). Minería. Bentonita. *Norma Técnica Colombiana*. ICONTEC.

- NTP 334.082. (12 de Diciembre de 2008). CEMENTOS. Cementos Portland. Especificación de la performance. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 339.034. (22 de Diciembre de 2015). CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 339.035. (22 de Diciembre de 2015). CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 339.046. (03 de Setiembre de 2008). CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón. Lima, Perú: INDECOPI.
- NTP 339.080. (27 de Diciembre de 2017). CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 339.082. (28 de Agosto de 2011). CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. Lima, Perú: INDECOPI.
- NTP 339.088. (28 de Junio de 2019). CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. *Norma Técnica Peruana*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 339.184. (07 de Agosto de 2013). CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 400.037. (30 de Enero de 2018). AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos. Lima, Perú: INACAL.
- Rodríguez, J. (2012). *Módulo VI. Supervisión, control y evaluación de la calidad del concreto*, de https://es.slideshare.net/Consultora_KECSAC/modulo-vi-supervisin-control-y-evaluacin-de-la-calidad-del-concreto-parte-2 (consultado el 21 de junio 2023)
- Soriano, A. (2016). *Criterios para proyectos de presas y sus obras anejas. Tomo2: Presa de materiales sueltos*. España: Comité Nacional Español de Grandes Presas.

- Structuralia. (2018). Obtenido de <https://blog.structuralia.com/tipologia-de-presas-ii-presas-de-materiales-sueltos> (consultado el 7 de julio 2023)
- Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. (L. Silva, & C. Acevedo, Edits.) Bucaramanga, Colombia: Instituto de Investigación sobre Erosión y Deslizamientos.
- Torres, H. (2014). *Torret Permeabilímetro.*: <https://slideplayer.es/slide/1864361/> (consultado el 7 de julio 2023)
- UNACEM. (2016). *Cemento Andino Ultra*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/400731800/Ficha-Andino-ULTRA> (consultado el 24 de junio 2023)
- Vera, H. (2013). Análisis y control de filtraciones en un dique mediante una pantalla de cemento-bentonita. *Vol.115*. Ecuador: Revista Universidad de Guayaquil.
- Villacorta, T. (2017). *Minerales No Metálicos - Bentonita*. Obtenido de CLARIANT PERÚ: <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/367050734-Minerales-No-Metalicos-Bentonita.pdf> (consultado el 12 de junio 2023)