

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**Evaluación de diques de control para la mitigación de huaycos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco.**

**Caso: Diques de gavión y diques de mampostería**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Civil**

**Autor: Bach. Katya BARRERA MALPARTIDA**

**Asesor: Ing. Paul Mirko RODRÍGUEZ ROJAS**

**Cerro de Pasco - Perú - 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**Evaluación de diques de control para la mitigación de huaycos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco.**

**Caso: Diques de gavión y diques de mampostería**

**Sustentado y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Hildebrando Anival CONDOR GARCÍA**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Luis Villar REQUIS CARBAJAL**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. José Germán RAMIREZ MEDRANO**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

*“Y también el que lucha como atleta, no es coronado si no lucha legítimamente” 2 Ti. 2:5 (RV 1960)*

A Dios, el mejor ingeniero de la vida, protector y fortaleza en tiempos adversos.

A mi padre Claudio César Barrera Cajachahua, a mi madre Silvia María Malpartida Picoy y a mi hermana Gina Liz Barrera Malpartida.

A mi asesor Ing. Paul Mirko Rodríguez Rojas.

A mi alma mater Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

A mis amigos, colegas y familiares.

A todos aquellos que marcan la diferencia luchando legítimamente con esfuerzo y dedicación.

## AGRADECIMIENTO

A Jesucristo por dar valor a mi vida y salvarla, por darme fuerza para continuar esta carrera, por inspirar mi vida a un cambio para dar lo mejor luchando legítimamente.

A mis padres y a mi hermana por enseñarme a servir a Dios y a país con mi carrera, por su apoyo incondicional en todo tiempo, por sus correcciones, ánimos y consejos. A mi hermano Davis Guzmán C. por los ánimos, correcciones y apoyo en todo tiempo. A Jhoseb Cotrina B. por su apoyo y por darle armonía a la melodía de mi corazón.

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por darme la oportunidad de ser parte de sus aulas para construir nuevos conocimientos en mi carrera.

A los ingenieros que me enseñaron con el ejemplo de vocación por la carrera para el servicio del país. Al Ing. Edward Llanos A. y a mi asesor Ing. Paul M. Rodríguez R.

Al Ing. Emerson Ascanoa por la orientación metodológica, a la Ing. Betsy Muñoz por la orientación en el área de hidráulica y a la Ing. Wendy Pinto por su apoyo profesional.

A mis amigas (os) Helen Raraz J., Jamerli Chávez S., José Silvestre L., Grisel Atencio S., Noeli Sachahuaman S., Cynthia Ticlavilca I., Jhonatan Mogrovejo C., Beatriz Laura L. y Lineker Cruz S. por el apoyo, confianza y trabajo en equipo en la etapa universitaria.

A mis amigos Cristian Carhuamaca C., Darwin Cornejo B. y Nehemías Vivar por cambiar el cansancio en alegría, energía que ayudó en el trabajo de campo para esta tesis.

A la familia Chávez Segura por apoyarnos y darnos la confianza de su hogar y a mis pastores Wilfredo Guzmán T., Belissa Cajachahua Z. y Rebeca Chávez R. por su apoyo espiritual y anímica, por la confianza y soporte para terminar mi carrera.

Y a todos aquellos familiares, amigos y colegas que directa e indirectamente me apoyaron para terminar esta tesis. Dios los siga bendiciendo en todo momento y lugar.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene el objetivo de realizar la evaluación de los diques de control de gavión y de mampostería para la mitigación de huaycos en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu de la localidad y distrito de Yanahuanca, Provincia Daniel A. Carrión, Región Pasco.

Se realizaron estudios de suelos en las quebradas mencionadas obteniendo el ángulo de fricción y la cohesión para el diseño de los diques. Se calculó del caudal máximo por el Método Racional Modificado y se determinó la densidad del flujo de escombros. Se evaluaron 2 diques de gavión y 2 diques de mampostería ambas con altura efectiva de 2.00m y 3.00m, realizando diseños hidráulicos y geotécnicos. Se consideró para la evaluación y diseño el empuje sísmico según el Método de Mononobe Okabe. Se evaluó el costo de los diques de gavión y de los diques de mampostería y el proceso constructivo.

La metodología de investigación fue aplicada con un enfoque cuantitativo para la recolección de datos. Para la demostración de la hipótesis se aplicó la modalidad cuasi experimental del diseño experimental.

Como resultado de la evaluación de los diques, se determinó que los diques de mampostería de 2.00 m de altura son más efectivas para la mitigación de huaycos en las tres quebradas y el de 3.00m de altura solo es efectiva en las quebradas Maranchacra y Machgyacu a pesar que tengan mayor costo que de los diques de gavión. Los diques de gavión de 2.00m de altura son efectivas en las quebradas Chaquipa y Machgyacu y el de 3.00m de altura son propensos al deslizamiento en las tres quebradas no siendo efectivas para la mitigación de huaycos.

**Palabras clave:** diques de gavión, diques de mampostería, mitigación, huaycos.

## ABSTRACT

The present work has the objective of carrying out the evaluation of the gabion and masonry control dams for the mitigation of huaycos in the Chaquipa, Maranchacra and Machgyacu streams of the town and district of Yanahuanca, Daniel A. Carrión Province, Pasco Region.

Soil studies were carried out in the mentioned streams, obtaining the friction angle and cohesion for the design of the dikes. The maximum flow rate was calculated by the Modified Rational Method and the density of the debris flow was determined. 2 gabion dikes and 2 masonry dikes, both with effective heights of 2.00m and 3.00m, were evaluated, carrying out hydraulic and geotechnical designs. The seismic thrust according to the Mononobe Okabe Method was considered for the evaluation and design. The cost of the gabion dikes and masonry dikes and the construction process were evaluated.

The research methodology was applied with a quantitative approach to data collection. For the demonstration of the hypothesis, the quasi-experimental modality of the experimental design was applied.

As a result of the evaluation of the dikes, it was determined that the 2.00 m high masonry dikes are more effective for the mitigation of huaycos in the three streams and the 3.00 m high one is only effective in the Maranchacra and Machgyacu streams. Although they are more expensive than gabion dikes. The 2.00m high gabion dikes are effective in the Chaquipa and Machgyacu streams and the 3.00m high are prone to landslide in the three streams, not being effective for the mitigation of gullies.

**Keywords:** gabion dikes, masonry dikes, mitigation, huaycos.

## INTRODUCCIÓN

Durante años los huaycos fueron fenómenos muy comunes en Perú causados por fuertes precipitaciones y el distrito de Yanahuanca de la Provincia de Daniel A. Carrión de la Región Pasco no es la excepción. En el año 2009 la localidad de Yanahuanca presencié la magnitud destructora del huayco proveniente de la quebrada Chaquipa, donde las viviendas, centros educativos, mercados y un puesto de salud fueron afectadas dejando muchos damnificados.

Al pasar los años la localidad de Yanahuanca tiene una expansión poblacional y las quebradas que lo rodean tales como la quebrada Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu no están siendo estudiadas para un control ante estos fenómenos naturales siendo un peligro para la población. Somos conocedores que no se puede evitar en su totalidad la destrucción que causan estos fenómenos, pero sí podemos mitigar y reducir el peligro.

Existen diversos medios estructurales y no estructurales para mitigar los huaycos de las quebradas, pero si se desea captar los sedimentos y reducir la velocidad de la caída del agua es necesario usar medios estructurales como los diques de control. Éstas pueden ser construidas de diferentes materiales, pero si queremos utilizar un material que esté al alcance y de fácil acceso podemos utilizar rocas que se encuentran en la zona de estudio como la pizarra o caliza. A todo lo mencionado debemos considerar el aspecto cultural y turístico del distrito de Yanahuanca, en tal sentido el material indicado para la construcción de diques es la roca, por ello tenemos la alternativa de diseñar diques de control de gaviones y de mampostería.

Debemos de tener en cuenta que los diques de gavión son estructuras de gravedad flexibles y los diques de mampostería son estructuras de gravedad rígidas, el mismo material primo con diferente comportamiento donde podrían o no mitigar adecuadamente

el huayco teniendo en cuenta los empujes producidos por los sismos en estas quebradas. Ante esta problemática esta investigación toma la responsabilidad de evaluar los diques de control de gaviones y de mampostería para determinar el más eficiente y adecuado para la mitigación de huaycos considerando los estudios hidrológicos y geotécnicos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.

Respetando el esquema propuesto, la presente tesis se dividió en 4 capítulos:

En el Capítulo I: Problema de Investigación, contiene la identificación y determinación del problema, delimitación de la investigación, formulación y objetivos del problema de estudio, la justificación y limitación de la investigación.

En el Capítulo II: Marco Teórico, contiene los antecedentes de estudio nacionales e internacionales, las bases teóricas – científicas relacionadas a las variables identificadas, definición de términos, formulación de hipótesis general, específica y nula.

En el Capítulo III: Metodología y técnica de investigación, presenta el tipo, método y diseño de investigación, la población y muestra, así como técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento y análisis de datos y tratamiento estadístico de datos.

En el Capítulo IV: Resultados y discusión, presenta la descripción del trabajo, la presentación e interpretación de resultados como tablas, gráficas y figuras, llegando a la prueba de hipótesis y la discusión de resultados.

Al final de la tesis, presento las conclusiones que sintetizan el trabajo de investigación permitiéndome realizar recomendaciones para que este tema pueda ser ahondada por futuros estudiosos de la problemática de estos fenómenos naturales.

Para un ingeniero civil el ingenio, esfuerzo y la honestidad son herramientas para la seguridad de la población.

# ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	4
1.3. Formulación del problema	4
1.4. Formulación de Objetivos	5
1.5. Justificación de la investigación	5
1.6. Limitaciones de la investigación	6

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	8
2.2. Bases Teóricas – Científicos	11
2.3. Definición de términos básicos	57
2.4. Formulación de Hipótesis	60
2.5. Identificación de las variables	61
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	62

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de Investigación	63
3.2. Nivel de Investigación	64
3.3. Métodos de Investigación	64
3.4. Diseño de Investigación	65
3.5. Población y muestra	66
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	67
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	68
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de Datos	69
3.9. Tratamiento Estadístico	69
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	69

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo	70
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	128
4.3. Prueba de Hipótesis	135
4.4. Discusión de Resultados	146

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración N° 1. Zonas con peligro potencial de huaycos	2
Ilustración N° 2. Tragedia en Yanahuanca	3
Ilustración N° 3. Mecanismos de los huaycos	17
Ilustración N° 4. Clasificación del flujo por Cv	19
Ilustración N° 5. Copa de Casagrande con ranurador laminar	23
Ilustración N° 6. Curvas granulométricas de algunos suelos. A) Arena muy uniforme, de Ciudad Cuauhtémoc, México. B) Suelo bien graduado, Puebla, México. C) y D) Arcilla del Valle de México	27
Ilustración N° 7. Peso específico de campo por el método del cono de arena	29
Ilustración N° 8. Envolvente y criterios de falla de Mohr– Coulomb	30
Ilustración N° 9. Diagrama del arreglo para la prueba de Corte Directo	32
Ilustración N° 10. Medidas de Prevención	34
Ilustración N° 11. Vista en planta y oblicua de una serie de diques de retención de escombros.	34
Ilustración N° 12. Espaciamiento entre dos presas consecutivas	36
Ilustración N° 13. Detalle de un gavión y alambre de triple torsión galvanizado	37
Ilustración N° 14. Presa de gaviones para controlar la erosión en cárcavas	38
Ilustración N° 15. Dimensionamiento de un vertedor rectangular de cresta para un dique de gaviones	38
Ilustración N° 16. Esquema de la colocación de gaviones	39
Ilustración N° 17. Perfil de la sección crítica unitaria	40
Ilustración N° 18. Fuerzas que actúan en una presa de gravedad	44
Ilustración N° 19. Diagrama de esfuerzos para determinar el ancho de corona	45
Ilustración N° 20. variables que intervienen en el diseño de un colchón hidráulico	51
Ilustración N° 21. Presión de tierra activa en condiciones dinámicas	54
Ilustración N° 22. Ubicación de la zona de estudio	71
Ilustración N° 23. Vista panorámica del Valle del Rio de Chaupihuaranga	73
Ilustración N° 24. Mapa geológico del distrito de Yanahuanca	73
Ilustración N° 25. Leyenda del Mapa geológico del cuadrángulo de Yanahuanca	74
Ilustración N° 26. Imagen Raster de la zona de estudio en ArcMap	77
Ilustración N° 27. Plano topográfico con delimitación de quebradas en ArcMap	78
Ilustración N° 28. Plano topográfico de las quebradas en Civil 3D	78
Ilustración N° 29. Mapa de identificación de movimientos de masa en Yanahuanca	80
Ilustración N° 30. Zonas afectadas por movimientos de masa por lluvias fuertes	80
Ilustración N° 31. Zonas Sísmicas del RNE E.030	81

Ilustración N° 32. Ubicación de las calicatas en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu	82
Ilustración N° 33. Vista en planta del tamaño y colocación de los gaviones	97
Ilustración N° 34. Vista frontal y de perfil de la sección crítica unitaria	98
Ilustración N° 35. Perfil de la sección crítica unitaria	99
Ilustración N° 36. Sección crítica unitaria del dique	100
Ilustración N° 37. Aplicación de la fuerza sísmica en el dique gavión	105
Ilustración N° 38. Sección crítica unitaria con fuerza sísmica	107
Ilustración N° 39. Diagrama de esfuerzos para determinar el ancho de corona	111
Ilustración N° 40. Fuerzas que actúan en un dique	113
Ilustración N° 41. Fuerzas y dimensiones del dique – Excentricidad	114
Ilustración N° 42. Diseño del dique de mampostería	118
Ilustración N° 43. Diseño del dique de mampostería	118
Ilustración N° 44. Desempacado y armado de gaviones	125
Ilustración N° 45. Llenado de gaviones	126
Ilustración N° 46. colocación de tensores y cerrado de gaviones	126
Ilustración N° 47. Presa de mampostería en construcción	127

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica N° 1. Procedimiento metodológico para la ejecución de la tesis	65
Gráfica N° 2. Cantidad de diques en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu	128
Gráfica N° 3. Distribución de costos de la construcción de los diques de control	135
Gráfica N° 4. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad con la influencia de las fuerzas sísmicas, diques tipo DG-2 y DM-2. Quebrada Chaquipa	138
Gráfica N° 5. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad con la influencia de las fuerzas sísmicas, diques tipo DG-2 y DM-2. Quebrada Maranchacra	138
Gráfica N° 6. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad con la influencia de las fuerzas sísmicas, diques tipo DG-2 y DM-2. Quebrada Machgyacu	139
Gráfica N° 7. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad con la influencia de las fuerzas sísmicas, diques tipo DG-3 y DM-3. Quebrada Chaquipa	139
Gráfica N° 8. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad con la influencia de las fuerzas sísmicas, diques tipo DG-3 y DM-3. Quebrada Maranchacra	140
Gráfica N° 9. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad con la influencia de las fuerzas sísmicas, diques tipo DG-3 y DM-3. Quebrada Machgyacu	140
Gráfica N° 10. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad de los diques tipo DG-2 y DM-2 en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años - Quebrada Chaquipa	142
Gráfica N° 11. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad de los diques tipo DG-2 y DM-2 en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años - Quebrada Maranchacra	142
Gráfica N° 12. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad de los diques tipo DG-2 y DM-2 en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años - Quebrada Machgyacu	143
Gráfica N° 13. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad de los diques tipo DG-3 y DM-3 en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años - Quebrada Chaquipa	143
Gráfica N° 14. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad de los diques tipo DG-3 y DM-3 en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años - Quebrada Maranchacra	144
Gráfica N° 15. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad de los diques tipo DG-3 y DM-3 en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años - Quebrada Machgyacu	144
Gráfica N° 16. diferencia de costos de construcción de los diques de control por metro cúbico	145

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Números de Curva de escorrentía	15
Cuadro N° 2. Clasificación del flujo según la concentración de sedimentos O'Brien y Julien	19
Cuadro N° 3. Clasificación reológica general de flujos de agua y sedimento en ríos según Costa (1988)	22
Cuadro N° 4. Serie de tamices para ensayo	27
Cuadro N° 5. Medidas comerciales de gaviones	37
Cuadro N° 6. Valores aproximados de los coeficientes de fricción estática para superficies secas	41
Cuadro N° 7. Factores de capacidad de carga	49
Cuadro N° 8. Valores típicos del peso específico y porosidad de las rocas	76
Cuadro N° 9. Características fisiográficas de las quebradas	79
Cuadro N° 10. Ubicación de calicatas según las quebradas de estudio	82
Cuadro N° 11. Datos y cálculo de la densidad de campo de cada calicata	83
Cuadro N° 12. Datos de análisis granulométrico por tamizado	83
Cuadro N° 13. Datos de humedad natural y límites de consistencia	84
Cuadro N° 14. Clasificación de suelos S. U. C. S.	85
Cuadro N° 15. Corte directo bajo condiciones consolidados no drenadas	86
Cuadro N° 16. Precipitaciones máximas del mes de marzo del 2017 de la estación meteorológica de Yanahuanca	87
Cuadro N° 17. Elección del Número de Curva de escorrentía	88
Cuadro N° 18. Desarrollo del Método Racional Modificado para el resultado del Caudal Máximo	89
Cuadro N° 19. Periodos de retorno del caudal de 5, 50 y 500 años	90
Cuadro N° 20. Clasificación del volumen del flujo, Concentración de sedimentos	90
Cuadro N° 21. Selección de densidad de los sólidos	91
Cuadro N° 22. Hidráulica de flujo de escombros. Cálculo de la densidad del flujo	91
Cuadro N° 23. Hidráulica de flujo de escombros para periodo de retorno de 5 años	92
Cuadro N° 24. Hidráulica de flujo de escombros para periodo de retorno de 50 años	92
Cuadro N° 25. Pendientes de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu	93
Cuadro N° 26. Cálculo de cantidad y separación de diques en las quebradas	95
Cuadro N° 27. Distribución de los diques en las quebradas según altura de diseño	95
Cuadro N° 28. Tipos de diseño de diques	96
Cuadro N° 29. Datos para el diseño del dique de gavión	96
Cuadro N° 30. Número, tamaño y volumen de gaviones	97
Cuadro N° 31. Determinación del centro de gravedad del dique	98

Cuadro N° 32. Determinación de la línea de acción del peso (P) de la sección crítica unitaria	99
Cuadro N° 33. Cálculo de la sección crítica unitaria	100
Cuadro N° 34. Factores de capacidad de carga de Terzaghi	103
Cuadro N° 35. Interpolación para factores de carga de la quebrada Chaquipa	104
Cuadro N° 36. Datos para el diseño del dique de gavión	110
Cuadro N° 37. Cálculo de centro de gravedad	112
Cuadro N° 38. Cálculo de fuerza y momento de la base	114
Cuadro N° 39. Cálculo de fuerza y momento de la base (con fuerzas sísmicas)	121
Cuadro N° 40. Costo promedio para construcción de los muros de gaviones por metro cúbico	123
Cuadro N° 41. Costo promedio para construcción de los muros de mampostería por metro cúbico	124
Cuadro N° 42. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DG-2 (sin fuerzas sísmicas)	128
Cuadro N° 43. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DG-2 (con fuerzas sísmicas)	129
Cuadro N° 44. Resultado de análisis diques tipo DG-2 en condiciones normales y periodo de retorno de 5 y 50 años	129
Cuadro N° 45. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DG-3 (sin fuerzas sísmicas)	130
Cuadro N° 46. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DG-3 (con fuerzas sísmicas)	130
Cuadro N° 47. Resultado de análisis diques tipo DG-3 en condiciones normales y periodo de retorno de 5 y 50 años	131
Cuadro N° 48. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DM-2 (sin fuerzas sísmicas)	131
Cuadro N° 49. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DM-2 (con fuerzas sísmicas)	132
Cuadro N° 50. Resultado de análisis diques tipo DM-2 en condiciones normales y periodo de retorno de 5 y 50 años	132
Cuadro N° 51. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DM-3 (sin fuerzas sísmicas)	133
Cuadro N° 52. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DM-3 (con fuerzas sísmicas)	133
Cuadro N° 53. Resultado de análisis diques tipo DM-3 en condiciones normales y periodo de retorno de 5 y 50 años	134
Cuadro N° 54. Cuadros de resumen de costos de construcción de los diques de control	134
Cuadro N° 55. Cuadro de cumplimiento de factores de evaluación de los diques de control	136
Cuadro N° 56. Cuadro de costo total de construcción de los diques de control	137

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En el mundo entero los flujos de detritos o escombros han causado daños naturales y grandes pérdidas. Estos fenómenos son conocidos como inundaciones que son producidos en zonas montañosas, la causa principal son las precipitaciones captadas en pequeñas cuencas y éstas son por la alteración oceánico-atmosférico, más conocido como fenómeno del niño. El reconocido ingeniero Kuroiwa Horiuchi (2005) menciona que el fenómeno de niño “involucra en sus efectos amplias áreas continentales de América, Asia, Oceanía y Europa” (pág. 260). De esta manera ocasionan deslizamiento al momento de evacuar la concentración de agua, conocida como flujo de detritos.

En América Latina los países más afectados por catástrofes debidas a flujos (causadas principalmente por el fenómeno del niño) son Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela y Bolivia. “Entre los meses de enero y marzo, en las alturas medias del flanco oeste de la cordillera Occidental de los Andes, año tras año los huaicos

destruyen cultivos, viviendas, canales de irrigación, caminos, interrumpiendo el tránsito automotor y ferroviario” (Kuroiwa Horiuchi, 2005, pág. 248).

En Perú al ser un país con cordilleras produce violentas inundaciones a lo cual se denomina huayco (palabra en el idioma quechua). Las regiones costa y sierra son las más afectadas por este fenómeno.

En el departamento de Pasco, Provincia Daniel Carrión, distrito de Yanahuanca se produjeron huaycos a causa de las intensas lluvias, una de ellas fue la localidad de Yanahuanca (capital de la provincia Daniel Carrión) afectada desde el año 1998.

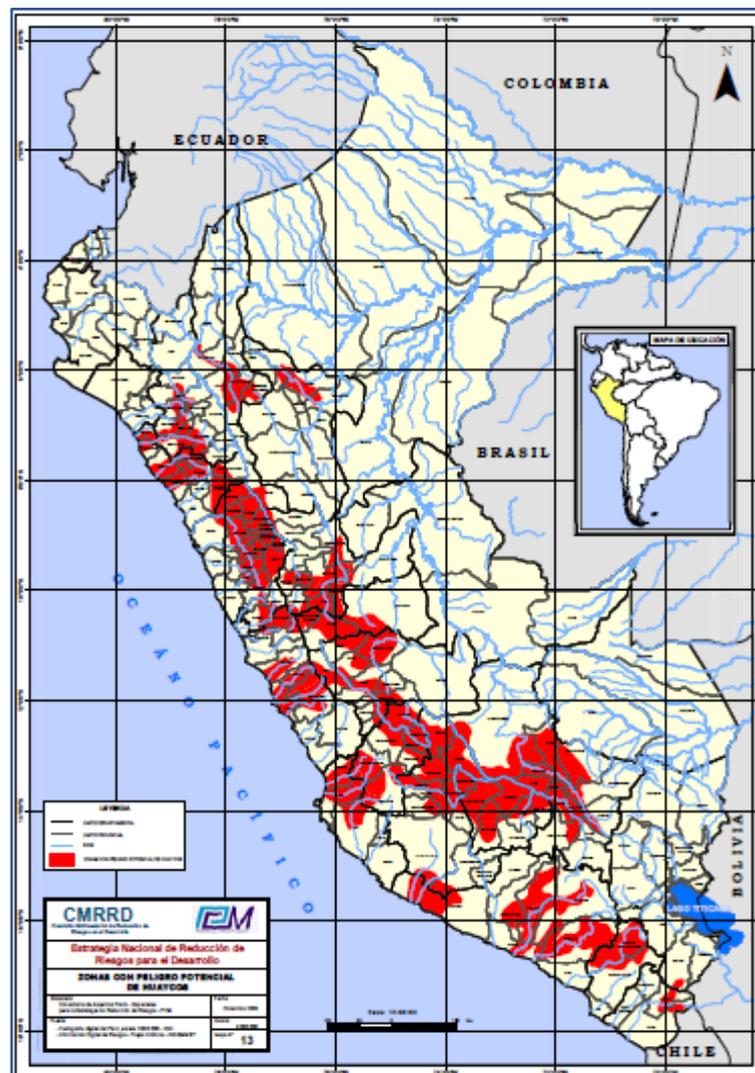


Ilustración N° 1. Zonas con peligro potencial de huaycos

Fuente: (CENEPRED - CMRRD)

El huayco de Yanahuanca, en 1998, dejó como consecuencia 465 viviendas afectadas y 375 Ha de terrenos de cultivo afectados y en el año 2009 afectó 17 viviendas, 01 centro educativo destruido, 44 establecimientos comerciales afectados, 01 persona fallecida, 10 km de carretera afectada, 2 km de carretera destruida, 01 puente afectado. (Luque Poma & Rosado Seminario, 2013, pág. 13).



*Ilustración N° 2. Tragedia en Yanahuanca*  
Fuente: (Diwer, 2009)

Actualmente Yanahuanca se encuentra en la zona crítica de riesgo ante fenómenos naturales. Las viviendas, instituciones educativas, centros de comercio, zonas de cultivo y la nueva obra (en construcción) del Centro de Salud estarían afectadas sino se realiza un plan de mitigación.

Para el tratamiento de estos fenómenos existen diferentes medidas de prevención (estructurales y no estructurales), pero si queremos captar los sedimentos inestables para evitar el desgaste en el fondo de las quebradas se necesitará medidas estructurales, si se requiere estabilizar las pendientes del lecho y controlar el nivel y la velocidad del agua se necesitará construir diques de control, pues estas estructuras se adecuan a las características topográficas de las quebradas.

Estos diques de control pueden ser estructuras de gravedad flexibles o rígidas, pueden ser construidas con material que se encuentra en la zona (las rocas),

de esta manera se podría generar empleo a los pobladores de Yanahuanca y se preservaría la cultura y turismo de esta zona. Con lo mencionado, los diques de gavión y de mampostería son los indicados para ser parte de las alternativas de solución.

Por tal motivo se necesita una evaluación de donde se pueda elegir el dique con la adecuada funcionalidad para la mitigación de huaycos en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

Se realizará la evaluación de los diques de gavión y mampostería teniendo en consideración datos topográficos, hidrológicos, geotécnicos e información de riesgos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu. Los resultados serán comparados para obtener el diseño adecuado y eficiente en las quebradas ya mencionadas para la mitigación de huaycos.

## **1.3. Formulación del problema**

### ***1.3.1. Problema General***

¿Cuál de los diques de control será el adecuado y eficiente para la mitigación de huaycos en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco?

### ***1.3.2. Problemas Específicos***

- ¿De qué manera influye el empuje dinámico en el diseño hidráulico y geotécnico de los diques de gavión y de mampostería?
- ¿Los diques de gavión y de mampostería tendrán la misma estabilidad con un caudal en condiciones normales y con periodos de retorno de 5 y 50 años?

- ¿Cuál es la diferencia del costo y proceso de construcción entre los diques de gavión y de mampostería?

## **1.4. Formulación de Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo General***

Evaluar el adecuado y eficiente dique de control para la mitigación de huaycos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco.

### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- Determinar la influencia del empuje dinámico en el diseño hidráulico y geotécnico en los diques de gavión y de mampostería.
- Verificar la estabilidad de los diques de gavión y de mampostería con un caudal en condiciones normales y con periodos de retorno de 5 y 50 años.
- Comparar el costo y proceso de construcción entre los diques de gavión y de mampostería.

## **1.5. Justificación de la investigación**

La presente investigación se realiza por la falta de medidas de prevención ante los huaycos en la localidad de Yanahuanca, falta de medidas estructurales como es la construcción de diques de control de flujos y retención de sedimentos. Ante los eventos climatológicos como las intensas lluvias les hace vulnerables a los pobladores ya que pueden perder sus viviendas, comercios, cultivos y centros de estudio o estar incomunicados cuando la carretera esté destruida a causa de los huaycos.

Este proyecto presenta una evaluación de los diques de control para la mitigación de huaycos, estas estructuras contendrán los sedimentos dejando pasar

el agua por un vertedero, de esta manera se protegerá a la población de este fenómeno natural. La evaluación será a los diques de gavión y mampostería, llegando a recomendar el más óptimo para la prevención.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

La presente investigación en el orden geográfico se limita en estudiar solo las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu ubicadas en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia de Daniel A. Carrión, Región Pasco. Zona afectada por los huaycos.

Las limitaciones de estudios de la investigación son:

- El estudio topográfico se realizará con el programa ArcGis y Civil 3D utilizando imágenes raster satelital, no se realizará levantamiento topográfico con equipos.
- En los conceptos hidrológicos se tomarán en cuenta las definiciones básicas de precipitación, torrentes y caudal para conocer la formación de los huaycos.
- En el cálculo del caudal máximo de las quebradas se utilizará el Método Racional Modificado (a falta de un estudio hidrológico de la zona de estudio) y se usarán datos de precipitación diaria brindado por SENAMHI. De esta manera se obtendrá un dato referencial que servirá para el cálculo del caudal del huayco y su densidad, de manera que serán datos para el diseño y evaluación de los diques.
- En los estudios geotécnicos se conocerá las características físicas de los suelos como la plasticidad, contenido de humedad y granulometría. En las características mecánicas solo se obtendrá el ángulo de fricción y la cohesión de los suelos.

- Se tendrán conceptos básicos de gestión de riesgo de desastre, para conocer la función de los diques de control en la mitigación de huaycos.
- La evaluación de los diques de control se basará en el cálculo de las dimensiones de los diques y en el análisis de estabilidad (por deslizamiento, volteo y capacidad de carga). Para revisar la estabilidad de los diques será según el libro *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* del autor Das (2010) que menciona las siguientes condiciones:
  - Factor de seguridad con respecto al deslizamiento es de 1.5
  - Factor de seguridad con respecto al volteo es de 1.5
  - Factor de seguridad con respecto a la capacidad de carga es de 3
- La evaluación de la influencia de las fuerzas sísmicas será cuando existe un empuje dinámico en los diques, aplicando el Método de Mononobe Okabe.
- La evaluación económica se hará según la comparación de costos promedio para la construcción de los diques por metro cúbico. No se realizará metrados para esta comparación de costos.
- La evaluación de diques de control solo se hará para los diques de gavión y diques de mampostería, como lo menciona en el título de la presente tesis.
- En la evaluación de diques de control se tomará el periodo de retorno de la precipitación de 5 y 50 años obviando el dato de 500 años, debido que los años útiles de los diques según el material de construcción son hasta 50 años aproximadamente.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de estudio

##### 2.1.1. *Investigaciones Locales*

No existen investigaciones locales similares a la presente investigación.

##### 2.1.2. *Investigaciones Nacionales*

- **Título:** Alternativas para la estabilización de la quebrada Cantuta II con fines de mitigación de huaycos.

**Autor:** Rut Luzmila García Chaca

**Institución:** Universidad Nacional Agraria La Molina

**Año:** Publicado el año 2016

**Lugar:** Lima, Perú

**Resumen:** La investigación inicia con la obtención de datos topográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos de flujos de escombros para su respectivo análisis. De igual modo se estudió las características geomorfológicas para la estabilización de la quebrada Cantuta II, donde se

propone un sistema mixto conformados por zanjas de drenaje, camas de gravas y diques de piedra.

**Resultado:** Los flujos de escombros no desfogan en el río Rímac sino en la Universidad Nacional de Educación – La Cantuta, donde está ubicada la quebrada Cantuta II. El área de drenaje delimitada es de 0.4 km<sup>2</sup> con pendientes de 50.7%, 42.3% y 27.47%, el cauce principal tiene la longitud de 1.72 km. En el estudio de suelo, existe presencia de gravas envueltas en textura arcilla arenosa, con ángulo de fricción de 31° y 0.16 kg/cm<sup>2</sup> de cohesión. El caudal de flujo de escombros es de 0.6 m<sup>3</sup>/s con densidad de 1.59 tn/m<sup>3</sup>. Respecto a las alternativas propuestas se realiza una distribución en la quebrada Cantuta II; las zanjas de drenaje derivaran el agua de lluvia al cauce principal, el enrocado se hará de manera manual a la forma del cauce y los diques de piedra se colocará en la zona baja de la quebrada perpendicular al lecho.

- **Título:** Alternativas para retener el transporte de sedimentos mediante presas tipo sabo y barreras flexibles con fines de mitigación de huaycos en la quebrada Sn Ildefonso – Trujillo 2017.

**Autores:** Miguel Ángel Díaz Haro; Joseph Espinoza Ramos

**Institución:** Universidad Privada Antenor Orrego

**Año:** Publicado el año 2017

**Lugar:** Trujillo, Perú

**Resumen:** La investigación se basó en proponer el diseño de estructura de prevención y protección a nivel de anteproyecto para la desembocadura de la Quebrada San Ildefonso.

Debido al análisis de las presas ubicadas en el cauce de la quebrada se obtuvo un tirante acumulado crítico de 2.40m, dato puesto para el modelamiento tridimensional Flow-3D de una sección constante de la presa Tipo Sabo, donde en el instante del modelamiento 7.99s, se aprecia un flujo crítico de 1.70 a lo largo de la caída de los aliviaderos tubulares de 50cm de diámetro, sus velocidades no son erosivas para el concreto debido a lo que se mantienen por debajo a los 9 m/s desde el instante 0 al 15.

**Resultado:** La carga de sedimento que se retiene en cada presa es mayor a un metro, lo cual es una magnitud considerable y se puede afirmar que realmente se está mitigando el efecto de los huaycos a lo largo de la quebrada san Ildefonso, por lo tanto, se espera que al punto de salida llegue a un régimen de flujo subcrítico libre de bolonería, sedimentos de gran tamaño y material aluvial.

Los emplazamientos de los embalses cumplen como segundo objetivo brindar mayor tiempo de retardo para la salida del caudal, esto nos permite obtener un intervalo de tiempo más amplio para evacuar viviendas aledañas situadas aguas abajo.

### ***2.1.3. Investigaciones Internacionales***

- **Título:** Análisis técnico-económico comparativo entre dique construido en material granular compactado y dique en gaviones en el embalse del Proyecto Hidroeléctrico Cariblanco (P. H. Caribalnc).

**Autor:** William Aguilar Núñez

**Institución:** Instituto Tecnológico de Costa Rica

**Año:** Publicado el año 2006

**Lugar:** Cartago, Costa Rica

**Resumen:** En la investigación se hace una descripción y una comparación tanto técnica como económica de una obra cuya función será de dique de cerramiento para el embalse del Proyecto Hidroeléctrico Cariblanco desarrollado por el Instituto Costarricense de Electricidad. Este dique se está construyendo a base de un material granular compacto, por lo tanto, se hará la propuesta de esta misma estructura, pero con gaviones.

El objetivo de este proyecto es determinar la viabilidad de realizar este tipo de obras a base de gaviones, basado en una comparación tanto de costos como de tiempo de ejecución. Esto con el fin de proponer otro sistema constructivo.

**Resultado:** Se pudo concluir que la obra en gaviones resulta un 40.50% más elevada en costos que en material granular, pero con la ventaja de que representa un 66.11% menos de volumen de material y un 40.00% menos en el tiempo de ejecución, por lo que en condiciones de tiempos reducidos de ejecución es factible la utilización del sistema en gaviones.

## **2.2. Bases Teóricas – Científicos**

### **2.2.1. Precipitación**

Según Gámez Morales (2009) menciona que es “es la caída del agua en estado líquido (lluvia) o sólido (nieve y granizo) hacia la superficie terrestre.” (pág. 57)

#### **2.2.1.1. Formas de precipitación:**

Según Villón Béjar (2002, pág. 70) las formas de precipitación son:

- **Llovizna**, pequeñas gotas de agua, cuyo diámetro varía entre 0.1 y 0.5 mm, las cuales tienen velocidades de caída muy bajas.

- **Lluvia**, gotas de agua con diámetro mayor 0.5 mm.
- **Escarcha**, capa de hielo por lo general transparente y suave, pero que usualmente contiene bolsas de aire.
- **Nieve**, compuesta de cristales de hielo blanco traslúcido, principalmente de forma compleja.
- **Granizo**, precipitación en forma de bolas o formas irregulares de hielo, que se producen por nubes convectivas, pueden ser esféricos, cónicos o de formas irregular, su diámetro varía entre 5 y 125 mm.

### 2.2.2. Caudal

Es la cantidad de agua total medida en metros cúbicos evacuada por una corriente que fluye de un manantial o fuente a lo largo de un período de tiempo de un segundo (m<sup>3</sup>/s).

#### 2.2.2.1. Cálculo de caudal – Método Racional Modificado

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2012, págs. 50-52) menciona el siguiente concepto y las siguientes fórmulas:

Es el método racional según la formulación propuesta por Témez (1987, 1991) adaptada para las condiciones climáticas de España. Y permite estimar de forma sencilla caudales punta en cuencas de drenaje naturales con áreas menores de 770 km<sup>2</sup> y con tiempos de concentración (T<sub>c</sub>) de entre 0.25 y 24 horas, la fórmula es la siguiente:

$$Q = 0.278CIAK$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C : Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

K : Coeficiente de Uniformidad

Las fórmulas que definen los factores de la fórmula general, son los siguientes:

#### A. Tiempo de Concentración (T<sub>c</sub>)

$$T_c = 0.3 \left( \frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

L : Longitud del cauce mayor (km)

S: Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

#### B. Coeficiente de Uniformidad

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

Donde:

T<sub>c</sub> : Tiempo de concentración (horas)

#### C. Coeficiente de simultaneidad o Factor reductor (K<sub>A</sub>)

$$K_A = 1 - \left( \frac{\log_{10} A}{15} \right)$$

Donde:

A : Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

#### D. Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)

$$P = K_A \times Pd$$

Donde:

K<sub>A</sub> : Factor reductor

Pd : Precipitación máxima diaria (mm)

### E. Intensidad de Precipitación (I)

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) \times (11)^{\frac{28^{0.1} - Tc^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde:

P: Precipitación máxima corregida (mm)

Tc : Tiempo de concentración (horas)

### F. Coeficiente de Escorrentía (C)

$$C = \frac{(Pd - Po) \times [Pd + (23 \times Po)]}{[Pd + (11 \times Po)]^2}$$

Donde:

Pd : Precipitación máxima diaria (mm)

Po : Umbral de escorrentía = (5000/CN)-50

CN : Número de curva

Para los valores de CN, se puede usar la siguiente tabla según el tipo de suelo:

Cuadro N° 1. Números de Curva de escorrentía

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada <sup>1</sup> :	sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
	con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales:	condiciones pobres	68	79	86	89
	condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques:	troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
	cubierta buena <sup>2</sup>	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
	condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial <sup>3</sup> :					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable <sup>4</sup>				
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. <sup>5</sup>		98	98	98	98
Calles y carreteras:					
	Pavimentados con cunetas y alcantarillados <sup>5</sup>	98	98	98	98
	grava	76	85	89	91
	tierra	72	82	87	89

1 Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap. 9  
2 Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.  
3 Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los accesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.  
4 Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.  
5 En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

Fuente: (Chow, Maidment, &amp; Mays, 1994)

En el libro de Chow, Maidment, & Mays (1994, pág. 153) se definen en cuatro grupos de suelos para el uso de la tabla de Números de Curva de escorrentía:

**Grupo A:** Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

**Grupo B:** Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.

**Grupo C:** Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

**Grupo D:** Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

### 2.2.3. *Huayco*

El “huayco”, es un término peruano de origen quechua, que significa quebrada. El huayco es un tipo de aluvión de baja magnitud, que se registran con frecuencia en las cuencas hidrográficas del país, generalmente durante el periodo de lluvias. “Lloclla”, término quechua, es más apropiado que “huayco”. (CIVIL, 2006, pág. 14)

En términos científicos modernos, según el Proyecto Multinacional Andino, un huayco se conoce como flujo de detritos, o flujo de escombros, esto depende de la cantidad de sedimento y bloques que traiga. (Wikipedia, 2020)

#### 2.2.3.1. Análisis de los huaycos

Según el estudio que hizo Milla Vergara (2000, pág. 15), los factores que intervienen en la generación de los huaycos son:

- **Topográficos.** Fuertes pendientes que varían entre 22° y 60° en las laderas y entre 3° y 8° en las quebradas.
- **Litológicos.** Tipos de rocas que permiten rápida meteorización, alteración y consecuente desintegración formando importantes acumulaciones de material suelto, los cuales se localizan en las quebradas subsidiarias.
- **Tectónicas.** Crean las zonas de debilidad a causa del intenso fracturamiento.
- **Climatológicos.** Zonas de clima árido a semiárido con intensas precipitaciones en cortos periodos de tiempo, estacionarios y/o excepcionales.

- **Antrópicos.** Producidos por acción del hombre, consiste en actividades ganaderas (sobrepastoreo) y tala indiscriminada de bosques naturales.

### 2.2.3.2. Mecanismo de los huaycos

En la tesis de García Chaca (2016, pág. 15) se menciona que para entender el mecanismo de estos fenómenos es necesario definir 3 zonas de diferentes características en la cuenca de origen tal como se muestra en la figura:

1. **Cuenca de recepción o zona de producción,** el riesgo es alto ya que depende de las condiciones y evolución de la sub- cuenca, quebrada y valle siendo casi imposible la defensa en esta zona por predominar la erosión temprana.
2. **Canal de escurrimiento,** tiene mayores ventajas, pero sus condiciones topográficas dentro del cauce son críticas.
3. **Cono de Deyección,** es la zona de mayor actividad y aporte del material arrastrado por el huayco.

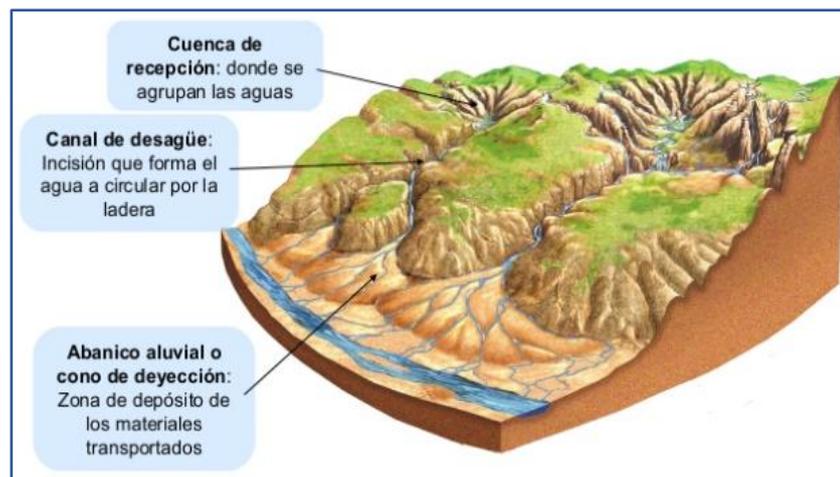


Ilustración N° 3. Mecanismos de los huaycos

Fuente: (García Chaca, 2016)

Durante periodos de lluvias, especialmente en sus inicios, hay un fuerte lavado de las vertientes de la cuenca de recepción ocasionado por el

escurrimiento difuso, con el consiguiente arrastre de materiales hacia lecho de las quebradas tributarias. Estas al comienzo no son capaces de transportar la carga (a la que se agrega la dejada por las crecidas torrenciales del período lluvioso precedente), pero con la ocurrencia de lluvias violentas y con la saturación hídrica de los lechos, los flujos torrenciales se hacen más activos; a la vez que la confluencia de dos o más flujos aumenta la potencia de dichas corrientes derivadas luego se transforman en huaycos. (García Chaca, 2016, pág. 15)

### **2.2.3.3. Hidráulica de Flujo de Escombros**

En la tesis de García Chaca (2016) menciona que “la hidráulica de flujo de escombros estudia a detalle las avenidas torrenciales, que permitió determinar parámetros característicos del flujo, tales como: caudal total, volumen de escombros, densidad del flujo y velocidad del flujo” (pág. 52).

En la misma tesis de García Chaca (2016, págs. 52-54) menciona las fórmulas y pasos para hallar la densidad del flujo, a continuación se describirán los conceptos y fórmulas que menciona la tesista:

#### **a. Concentración de sedimentos ( $C_v$ )**

Indica el comportamiento del flujo, fue calculado siguiendo los lineamientos de la clasificación propuesta por O'Brien y Julien (1988) y seleccionado de acuerdo a las características visuales del flujo.

Cuadro N° 2. Clasificación del flujo según la concentración de sedimentos O'Brien y Julien

Descripción del Tipo de Flujo		Concentración de sedimentos		Características del Flujo
		En Volumen	En Peso	
Deslizamientos		0,65 – 0,80	0,83 – 0,91	No hay flujo; falla por deslizamiento de bloques
		0,55 – 0,65	0,76 – 0,83	Derrumbe de bloques con deformación interna durante el deslizamiento, movimiento paulatino del terreno antes de fallar.
Flujos de lodo	FLUJOS	0,48 – 0,55	0,72 – 0,76	Flujo evidente; deslizamiento lento sostenido por el flujo de lodo; deformación plástica bajo su propio peso; cohesivo; no se expande en la superficie.
		0,45 – 0,48	0,69 – 0,72	Flujo se extiende sobre la superficie; flujo cohesivo; algo de mezcla.
Inundación de lodo	HIPERCÓNCRETADOS	0,40 – 0,45	0,65 – 0,69	El flujo se mezcla fácilmente; muestra las propiedades fluidas en la deformación; distribuido en la superficie horizontal pero mantiene una superficie fluida inclinada; partículas grandes se depositan (perfiles); aparecen ondas pero se disipan rápidamente.
		0,35 – 0,40	0,59 – 0,65	Deposición marcada de gravas y cantos rodados; se expande casi completamente sobre la superficie horizontal; aparece la superficie líquida con dos fases del fluido; las olas viajan en la superficie.
		0,30 – 0,35	0,54 – 0,59	Separación del agua en la superficie; las olas viajan fácilmente; la mayoría de las arenas y gravas se han sedimentado y se mueven como arrastre de fondo
		0,20 – 0,30	0,41 – 0,54	Se distinguen claramente las olas y ondas; todas las partículas descansando en el fondo en condición inmóvil.
Inundación de agua		< 0,20	< 0,41	Inundación de agua con carga suspendida convencional y arrastre de fondo.

Fuente: (Arancibia S., 2018)

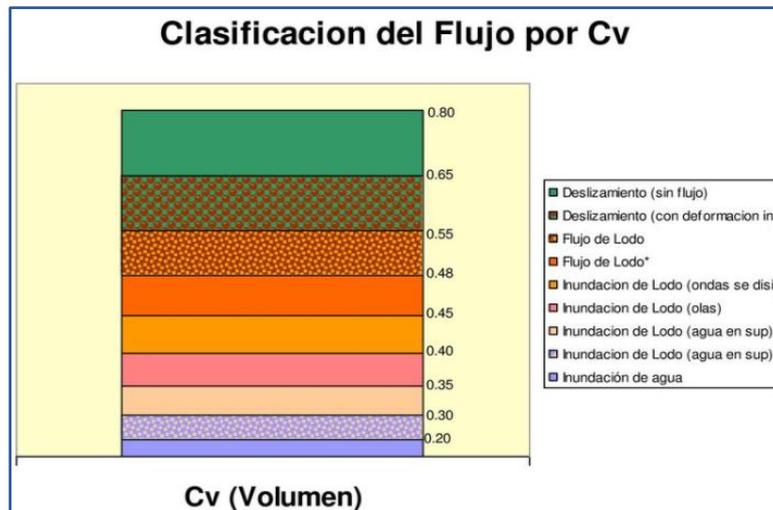


Ilustración N° 4. Clasificación del flujo por Cv

Fuente: (Arancibia S., 2018)

## b. Volumen de Agua

El volumen de agua del flujo fue estimado mediante el producto del caudal de agua seleccionado para un tiempo de retorno escogido de acuerdo al tiempo de concentración.

$$Va = Q \times Tc$$

Donde:

Q : Caudal de agua (m<sup>3</sup>/s)

Tc: Tiempo de concentración (s)

### c. Volumen de Sedimentos

El volumen de sedimentos fue estimado mediante el valor de la concentración de sedimentos, porque es la ecuación que representa la relación entre el volumen de sedimentos y el volumen de agua más el volumen del sedimento, tal como se muestra a continuación: Y al final se volvió una ecuación simple siendo nuestra variable el volumen de sedimentos. Tal como muestra a continuación:

$$V_s = \frac{C_v \times V_a}{1 - C_v}$$

Donde:

V<sub>s</sub> : Volumen de sedimentos (m<sup>3</sup>)

V<sub>a</sub> : Volumen de agua (m<sup>3</sup>)

### d. Cálculo del caudal total de flujo

El caudal total de flujo fue aproximado empleando el método de JICA, basado en los desarrollos de Takahashi (1978,1981) para determinar el caudal máximo de la corriente de detritos mediante la siguiente expresión.

$$Q_d = Q_{dP} = Q_o \times \frac{C^*}{C^* - C_d}$$

Donde:

Q<sub>d</sub> : Caudal máximo de flujo de detritos

Q<sub>o</sub> : Caudal máximo líquido

Cd : Concentración volumétrica de sólidos

C\* : Concentración máxima de los sólidos

Cuando se trata de sedimentos gruesos, el valor de C\* varia de 0.60 y 0.75, pero al tratarse de arcillas varían de 0.20 a 0.65.

#### **e. Velocidad del flujo**

La velocidad de flujo fue estimada empleando la fórmula propuesta por Costa (1984), porque relaciona el cálculo de velocidad del flujo de escombros en función del caudal (Q) y la pendiente (S). La fórmula se muestra a continuación:

$$V = 2.11 \times Q^{0.33} \times S^{0.33}$$

Donde:

V : Velocidad (m/s)

Q : Caudal de flujo de detritos (m<sup>3</sup>/s)

S: Pendiente

#### **f. Densidad del flujo**

Para la estimación de la densidad de flujo se utilizó una variación de la fórmula para cálculo de caudales propuesta por Takahashi, porque esta ecuación utiliza dentro de sus variables a la densidad de flujo. Por consiguiente, una vez obtenida el caudal de máximo de flujo de detritos, resulta sencillo calcular la densidad del flujo. A continuación, se muestra la fórmula utilizada.

$$Qt = \left[ \left( 1 + \frac{Vd}{Va} \right) + \frac{(\rho - 1)}{(\sigma - \rho)} \right] \times Ql$$

Donde:

Qt : Caudal total o caudal máximo de flujo de detritos

Vs : Volumen de sedimentos (m<sup>3</sup>)

$V_a$  : Volumen de agua ( $m^3$ )

$\rho$ : Densidad del fluido de detritos ( $t/m^3$ )

$\sigma$ : Densidad del sedimento ( $t/m^3$ )

$Q_l$  : Caudal líquido ( $m^3/s$ )

Para hallar el valor de la densidad del sedimento, se identificará el valor en la siguiente tabla:

Cuadro N° 3. Clasificación reológica general de flujos de agua y sedimento en ríos según Costa (1988)

Flujo	Concentración de sedimentos	Densidad de los sólidos ( $g/cm^3$ )	Esfuerzo cortante de fluencia ( $dinas/cm^2$ )	Tipo de fluido
Flujo Torrencial (Water Flood)	1-40% en peso 0.4-20% en Volumen	1.01-1.33	0-100	Newtoniano
Flujo Superconcentrado (Hyperconcentrated Flow)	40-70% en peso 20-47% en Volumen	1.33-1.80	100-400	No-Newtoniano?
Huayco (Debris Flow)	70-90% en peso 47-77% en Volumen	1.80-2.30	>400	Viscoplastico?

Fuente: (Diaz-Onofre, 2003)

## 2.2.4. Clasificación de Suelos

### 2.2.4.1. Características físicas de los suelos

#### 2.2.4.1.1. Plasticidad

Se define como “la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.” (Juarez Badillo & Rico Rodriguez, 2011, pág. 127)

##### a. Límite Líquido (LL)

Es el contenido de agua de un suelo de grano fino para el cual éste tiene una resistencia al esfuerzo cortante aproximadamente de 25  $g/cm^2$ .

Para determinar el límite líquido se utiliza un dispositivo llamado copa de Casagrande donde se prepara una pasta de

material fino que haya pasado la malla N° 40, luego de ser mezclada homogéneamente con agua, dicha mezcla se vierte con la espátula en la copa y se nivela a una cierta distancia. Se corta una ranura en el centro usando la herramienta de corte estándar (Ranurador Laminar). Luego, con la leva operada por la manivela, se levanta la copa y se deja caer desde una altura de 10 mm. Según el contenido de agua la parte céntrica se cerrará una distancia de 12,7 mm a lo largo del fondo de la ranura, a los 25 golpes se define como límite líquido.

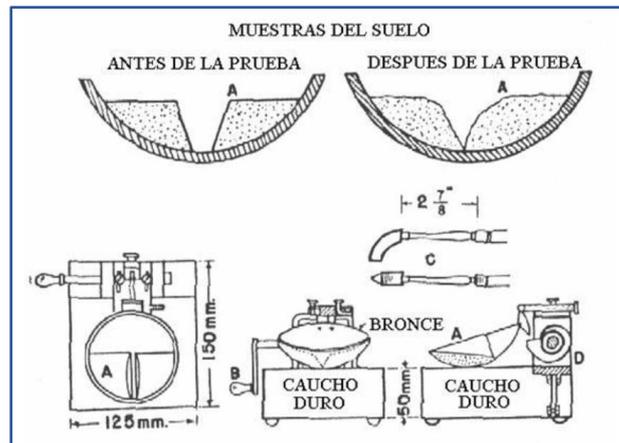


Ilustración N° 5. Copa de Casagrande con ranurador laminar  
Fuente: (Basurto R., 2018)

Una vez realizado el ensayo, se determina el Límite Líquido “conociendo 3 ó 4 contenidos de agua diferentes en su vecindad, con los correspondientes números de golpes y trazando la curva Contenido de Agua – Números de golpes.” (Juarez Badillo & Rico Rodriguez, 2011, pág. 132)

b. Límite Plástico (LP)

Es el contenido de agua según el cual el suelo comienza a perder sus propiedades plásticas pasando a un estado semi-sólido.

Para el ensayo se enrolla con la mano la pasta de suelo en rollitos de 3.20 mm (1/8”), sugerido por Terzagui, en una placa de vidrio donde llega a desmoronarse. Se cogen los pedazos del rollito para colocarlas en unas tares y luego ponerlas en el horno.

c. *Índice de Plasticidad (IP)*

Se denomina a la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos. Tanto, el límite líquido como el límite plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo; sin embargo, el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 78)

$$IP = LL - LP$$

d. *Índice de Liquidez (IL)*

Nos da una indicación de los esfuerzos que estuvo sometido el suelo.

$$IL = \frac{\omega - LP}{IP}$$

Dónde:  $\omega$  = contenido de agua del suelo in situ

LP = Límite Plástico

IP = Índice de Plasticidad

“Si el valor del Índice de Liquidez es cercano a cero, se considera que el suelo está pre consolidado, y si es cercano a uno

entonces se le considera como normalmente consolidado.”  
(Crespo Villalaz, 2004, pág. 79)

#### **2.2.4.1.2. Contenido de Humedad**

En la tesis de Gutiérrez Baca (2018, pág. 54) menciona que es la proporción porcentual entre la fase líquida (agua) y sólida de suelo (partículas minerales del suelo).

$$IL = \frac{\omega - LP}{IP}$$

Ww= Peso del agua en la muestra.

Ws=Peso del suelo seco.

La cantidad mínima de muestra a utilizar esta en concordancia con el tamaño máximo.

#### **2.2.4.1.3. Granulometría en Suelos**

El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en por ciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas el procedimiento más expedito es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación. Conocida la composición granulométrica del mismo (su interpretación se verá adelante). Como tamaño de las partículas puede considerarse el diámetro de ellas cuando es indivisible bajo la acción de una fuerza moderada. (Crespo Villalaz, 2004, pág. 46)

Por granulometría se puede mencionar los tipos de suelos según Leoncio Avalos (2015, págs. 15, 16):

- **Gravas:** fragmentos de roca y que tienen entre 2 y 64 mm de diámetro. Suelen encontrarse en ríos teniendo aristas redondeadas, aunque pueden producirse artificialmente.
- **Arenas:** granos finos procedentes de la denudación de rocas o trituración artificial y cuyas partículas varían entre los 0,05 y 2 mm de diámetro. Suelen encontrarse junto con gravas, por tener el mismo origen.
- **Limos:** granos finos con poca o ninguna plasticidad. Cuando se encuentran saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas. Son altamente compresibles y se consideran como suelos pobres para cimentar. Sus tamaños varían entre los 0,05 mm a los 0,005 mm.
- **Arcillas:** partículas menores de 0,005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al mezclarse con agua. Cuando se secan se contraen y presentan una marcada cohesión, según su humedad, son compresibles y se busca que exista una proporción pequeña de estas en suelos para cimentar.

*a. Representación de la distribución granulométrica*

La grafica granulométrica suele dibujarse con porcentajes como ordenadas y tamaños de las partículas como abscisas. Las ordenadas se refieren a porcentaje, en peso, de las partículas

menores que el tamaño correspondiente. La representación en escala semilogarítmica (eje de abscisas en escala logarítmica) resulta preferible a la simple representación natural, pues en la primera se dispone de mayor amplitud en los tamaños finos y muy finos, que en escala natural resultan muy comprimidos, usando un módulo práctico de escala. (Juarez Badillo & Rico Rodriguez, 2011, pág. 101)

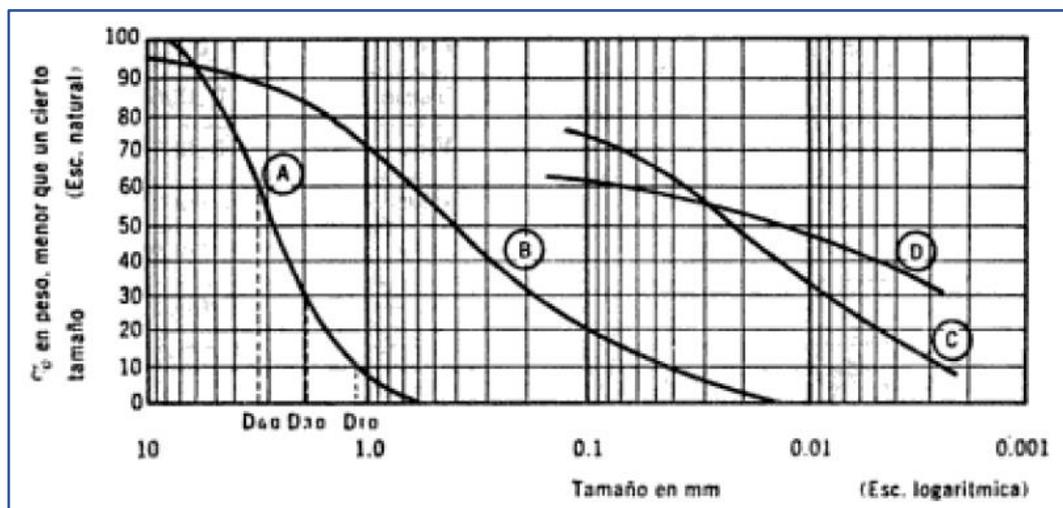


Ilustración N° 6. Curvas granulométricas de algunos suelos. A) Arena muy uniforme, de Ciudad Cuauhtémoc, México. B) Suelo bien graduado, Puebla, México. C) y D) Arcilla del Valle de México  
Fuente: (Juarez Badillo & Rico Rodriguez, 2011)

b. Ensayo Granulométrico por Tamizado (ASTM – D422)

- El ensayo por tamizado, consiste en separar el suelo mediante una serie de mallas que definen el tamaño de la partícula tales como:

Cuadro N° 4. Serie de tamices para ensayo

MALLAS SEGÚN NORMA ASTM – D422	
MALLA O TAMIZ	ABERTURA (mm)
3"	75.00 mm
2"	50.00 mm
1 ½"	37.50 mm

1"	25.00 mm
3/4"	19.00 mm
1/2"	12.50 mm
3/8"	9.50 mm
1/4"	6.30 mm
N° 4	4.75 mm
N° 10	2.00 mm
N° 20	0.85 mm
N° 30	0.60 mm
N° 40	0.425 mm
N° 60	0.250 mm
N° 100	0.150 mm
N° 200	0.075 mm

Fuente: (Díaz Pardavé, 2017)

- La granulometría de un suelo se puede realizar mediante dos formas: vía seca y húmeda, la primera generalmente se realiza a gravas y la húmeda se realiza a arenas o gravas con alto contenido de finos.

#### **2.2.4.1.4. *Peso específico de campo – Método del cono de arena***

“El aparato usado en este método consiste en un recipiente de vidrio o plástico con un cono de metal unido a su parte superior. El recipiente se llena con arena Ottawa seca muy uniforme” (Das, 2010, pág. 72).

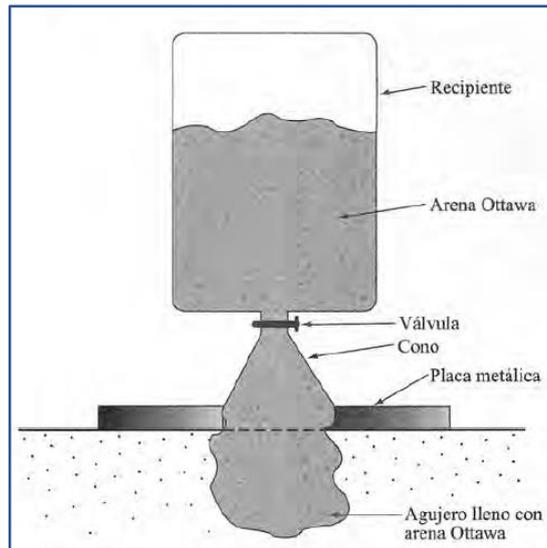


Ilustración N° 7. Peso específico de campo por el método del cono de arena  
Fuente: (Das, 2010)

## 2.2.4.2. Características Mecánicas de los Suelos

Estas características ayudaran a definir el comportamiento del suelo frente a acciones externas. Para ello se realizan estudios para definir las como:

### 2.2.4.2.1. Resistencia cortante del suelo

El concepto que menciona Das (2010) “Es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él” (p. 207).

### 2.2.4.2.2. Ecuación de Falla de Mohr – Coulomb

El suelo al estar bajo la acción de cargas, falla por la combinación crítica de esfuerzo normal y esfuerzo cortante. A este concepto Mohr en 1900 dio la teoría de ruptura de materiales y Coulomb complementó dicha teoría con la siguiente ecuación:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

Dónde:  $\tau_f$  = esfuerzo cortante sobre el plano de falla

$c$  = cohesión del suelo

$\sigma$  = esfuerzo normal sobre el plano de falla

$\phi$  = ángulo de fricción interna

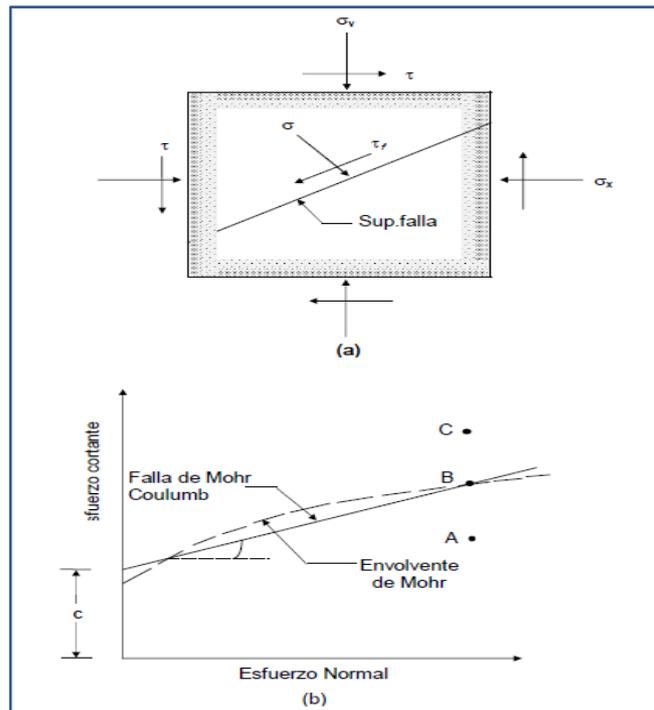


Ilustración N° 8. Envolvente y criterios de falla de Mohr–Coulomb

Fuente: (Das, 2010)

El esfuerzo normal y el esfuerzo cortante sobre el plano en una masa de suelo fueran representados por los puntos A, B y C la interpretación sería: En el punto A, no hay falla; en el punto B, si hay falla; en el punto C no puede existir porque la falla cortante ya ocurrió.

- *Ángulo de fricción interna ( $\phi$ ):* es el valor que representa el coeficiente de rozamiento donde depende de la densidad, distribución de los tamaños de granos, forma y tamaño de los

granos. Se determina como la pendiente de la envolvente de falla, representada en el círculo de Mohr.

- *Cohesión (c)*: es la adherencia entre partículas del suelo a causa de la fuerza de atracción entre ellas de manera que evita que los granos se muevan libremente.

#### **2.2.4.2.3. Ensayo de Corte Directo (ASTM - D3080)**

Esta prueba determina los parámetros de resistencia al corte y es útil cuando es probable que falle una masa de suelo a lo largo de una zona delgada en condiciones de deformación plana (la deformación en una dirección es cero).

La muestra del contenedor para una prueba es una caja metálica abierta dividida horizontalmente, llamada caja de corte, o un cilindro de metal dividido horizontalmente. El suelo se coloca en la caja (o cilindro), y la mitad de la caja (o cilindro) se mueve con respecto a la otra mitad. La falla está por lo tanto limitada a lo largo de una zona delgada de tierra en el plano horizontal (AB). Las fuerzas verticales se aplican a través de una placa metálica que descansa sobre la placa dentada superior o piedra porosa. Las fuerzas horizontales se aplican a través de un motor para el control de desplazamiento o por pesas a través de un sistema de poleas para el control de la carga. La mayoría de las pruebas de Corte Directo se realizan utilizando control horizontal de desplazamiento (la tasa de desplazamiento está entre 0.0025 a 1 mm / min) porque podemos obtener tanto la fuerza de corte máxima como la fuerza de corte crítica. En las pruebas de control de carga, usted no puede

obtener datos más allá de la fuerza de corte máxima o máxima. Generalmente, se realizan tres o más pruebas en un suelo. La muestra de suelo en cada prueba de corte bajo una fuerza vertical constante es diferente en otra prueba. (Budhu, 2015, págs. 256, 257)

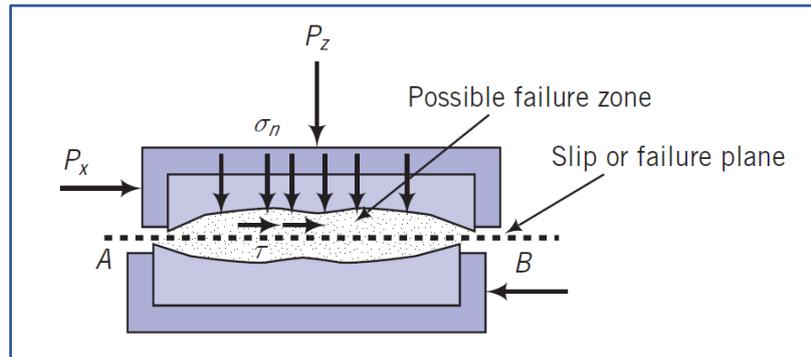


Ilustración N° 9. Diagrama del arreglo para la prueba de Corte Directo  
Fuente: (Budhu, 2015)

### 2.2.5. Gestión del Riesgo de Desastres

Según CENEPRED (2018) menciona que “se basa en la investigación científica y el registro de informaciones, y orienta acciones en todos los niveles de gobierno y de la sociedad” (pág. 8). Busca proteger la vida de la población y el patrimonio de las personas y del estado.

Es un proceso social cuyo fin último es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales, con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible. (Ulloa, 2011, pág. 13)

### **2.2.6. Mitigación de Desastres**

Mitigar significa tomar acciones para reducir los efectos de un desastre antes de que éste ocurra. El término mitigación se emplea para denotar una gran variedad de actividades y medidas de protección que pueden ser adoptadas, las cuales van desde acciones físicas, como construir edificios más resistentes, hasta las medidas de procedimiento, como el uso de técnicas estándar de evaluación de riesgos en la planificación de uso del terreno. (Coburn, Spence, & Pomonis, 1991, pág. 9)

La mitigación se centra en elementos más vulnerables y para ello se debe mejorar en la seguridad de las personas respecto a los desastres. La vulnerabilidad es “el grado de daño que se espera causará una amenaza particular” (Coburn, Spence, & Pomonis, 1991, pág. 16). Es uno de los factores más importantes en el momento que se va a determinar el nivel de riesgo.

#### **2.2.6.1. Mitigación de huaycos**

Ante estos eventos de los huaycos generado por los factores externos (clima y tiempo) o factores locales (sobre población en áreas de peligro), se puede mitigar el desastre reduciendo la vulnerabilidad o el impacto.

Para reducir el impacto se puede tomar medidas estructurales y no estructurales. Las medidas estructurales consisten en construcciones de obras ejecutadas por el hombre. En las medidas no estructurales se establecen sistemas de alerta y refugio.



Ilustración N° 10. Medidas de Prevención  
Fuente: (Cabrera C., 2013)

### 2.2.7. Diques de control de huaycos

Los diques de gavión y de mampostería son estructuras de control que tendrán su función en la mitigación de huaycos. Estas estructuras son del tipo cerradas debido que podrán contener los sedimentos de las quebradas dejando pasar el agua por el vertedero. Otra función importante que cumple es disipar la energía de impacto del huayco de manera que mitigará el grado de vulnerabilidad.

Según VanDine (1996) menciona que “se utilizan para reducir localmente las pendientes pronunciadas del canal y minimizar la socavación a lo largo del fondo y los lados del arroyo” (págs. 23-24).

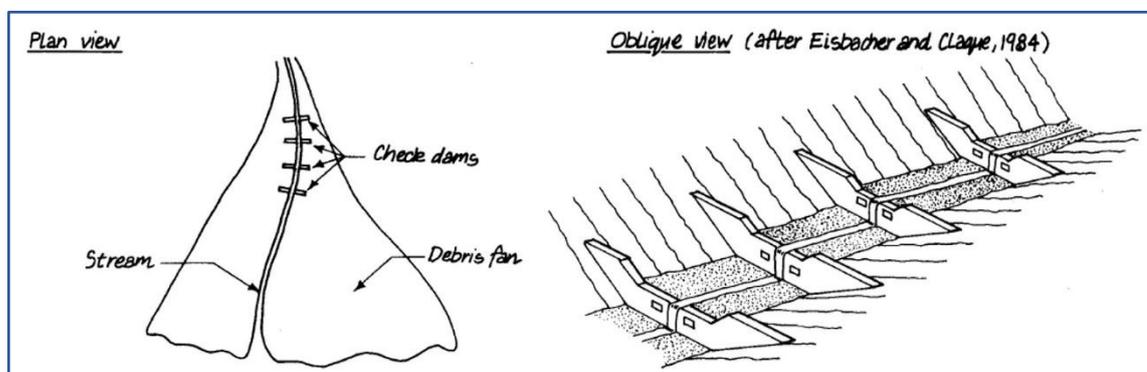


Ilustración N° 11. Vista en planta y oblicua de una serie de diques de retención de escombros.  
Fuente: (VanDine, 1996)

Los escombros que se acumulan detrás de una presa de retención generalmente no se eliminan. El exceso de escombros depositados detrás de una presa de control se elimina durante un período de tiempo mediante el flujo de agua después del flujo de escombros. (VanDine, 1996, pág. 24)

### 2.2.7.1. Espaciamiento entre Diques

Teniendo en cuenta la topografía primero se determinará la distancia de diques donde dependerá de las pendientes, distancia del cauce principal y altura de muros.

Según el CENTRO DE ESTUDIOS Y PREVENCIÓN DE DESASTRES (2000, pág. 180) tenemos las siguientes fórmulas para el cálculo de la cantidad y separación de diques:

$$N = \frac{H - (L \times i)}{h}$$

Donde:

H : Diferencia entre cotas de la zona (m)

L : Distancia entre cotas de la parte a regularizar (m)

i, Ps : Pendiente proyectada del lecho que garantiza el depósito del aporte de sedimento de un diámetro fijado.

h: Altura de los muros de pirca (m)

S, Ep : Separación o espaciamento (m)

I, Pc : H/L

N : Cantidad de diques

$$S = \frac{h}{I - i}$$

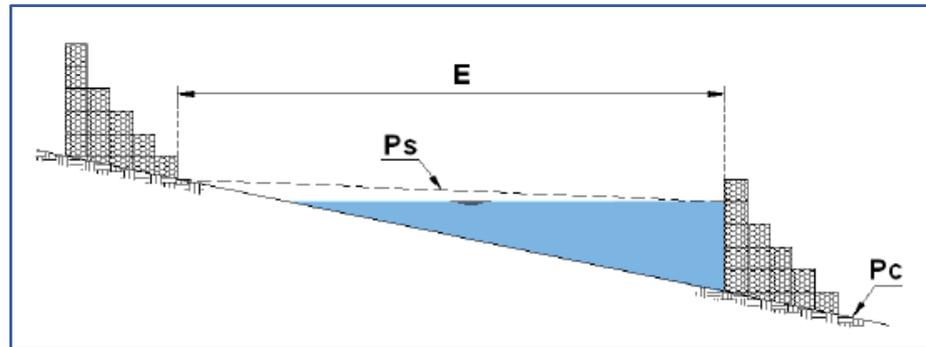


Ilustración N° 12. Espaciamiento entre dos presas consecutivas

Fuente: (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE GAVIONES, 2009)

Para fines prácticos se ha determinado que  $P_s$  toma valores entre  $1\% < P_s < 3.0\%$ . De forma específica, se considera que para arenas gruesas mezcladas con grava la pendiente de compensación es de 2%, para sedimentos de textura media es del 1% y para sedimentos finos limosos-arcillosos es del 0.5%. (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE GAVIONES, 2009, pág. 7)

### 2.2.7.2. Diques de Gavión

Las presas de gaviones son estructuras permanentes, flexibles y permeables construidas a base de prismas rectangulares de alambre galvanizado denominados gaviones, los cuales se rellenan de piedra con el objeto de formar el cuerpo de la obra que constituye la presa de control. Los gaviones son una caja en forma de paralelepípedo, construida con malla de alambre de triple torsión galvanizado. (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE GAVIONES, 2009, pág. 2)

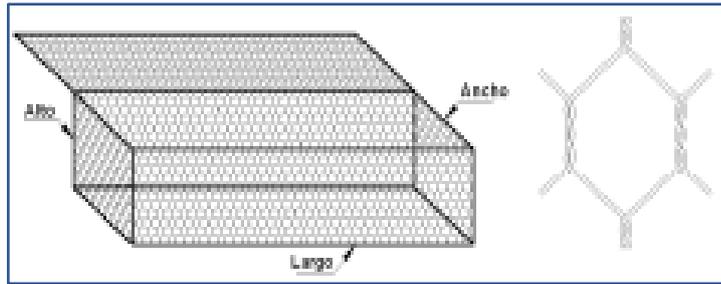


Ilustración N° 13. Detalle de un gavión y alambre de triple torsión galvanizado  
Fuente: (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE GAVIONES, 2009)

Para la elaboración del diseño se tomará en cuenta las medidas comerciales de los gaviones y las presentamos en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 5. Medidas comerciales de gaviones

CODIGO	TAMAÑO DEL GAVIÓN	DIMENSIONES (m)			VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
		LARGO	ANCHO	ALTO	
A	2.0x1.0x1.0	2.00	1.00	1.00	2.00
B	3.0x1.0x1.0	3.00	1.00	1.00	3.00
C	4.0x1.0x1.0	4.00	1.00	1.00	4.00
D	2.0x1.0x0.5	2.00	1.00	0.50	1.00
E	3.0x1.0x0.5	3.00	1.00	0.50	1.50
F	4.0x1.0x0.5	4.00	1.00	0.50	2.00
G	2.0x1.0x0.3	2.00	1.00	0.30	0.60
H	3.0x1.0x0.3	3.00	1.00	0.30	0.90
I	4.0x1.0x0.3	4.00	1.00	0.30	1.20
J	1.5x1.0x1.0	1.50	1.00	1.00	1.50

FUENTE: (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE GAVIONES, 2009)

Existen dos partes principales para el diseño del dique de gaviones:

La base de cimentación es necesaria para proteger la obra entera contra las socavaciones en el lecho de la cárcava, ocasionadas por el escurrimiento de la misma, ya que puede poner en peligro la estabilidad de la estructura. (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE GAVIONES, 2009, pág. 4)

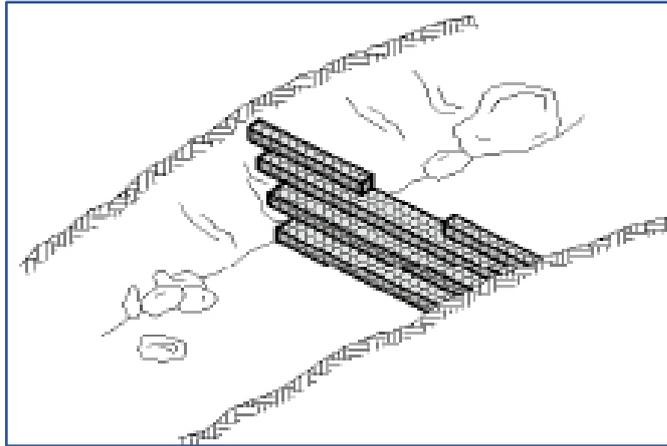


Ilustración N° 14. Presa de gaviones para controlar la erosión en cárcavas  
Fuente: (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE GAVIONES, 2009)

Para saber la estabilidad del dique ante fuerzas que actúan sobre ella, es necesario realizar el cálculo estructural.

**a. Diseño del vertedor:**

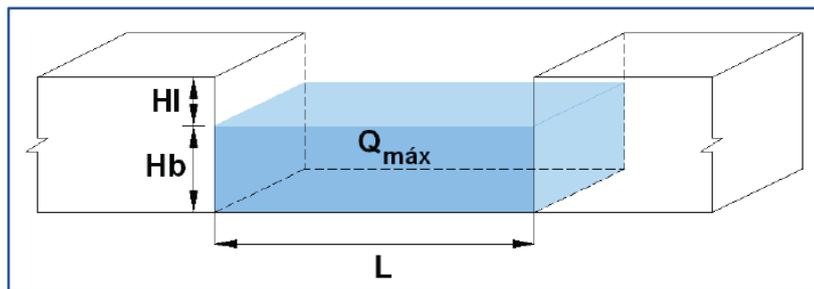


Ilustración N° 15. Dimensionamiento de un vertedor rectangular de cresta para un dique de gaviones

Fuente: (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE GAVIONES, 2009)

El gasto máximo sobre la cresta se calcula:

$$Q_{máx} = C_v \times L \times H_d^{3/2}$$

Donde:

$Q_{máx}$  : Caudal máximo (m<sup>3</sup>/s)

$C_v$  : Coeficiente del vertedor (adim. =1.45)

$L$  : Longitud del vertedor (m)

$H_d$  : Carga sobre el vertedor (m)

Cálculo de  $H_d$ :

$$Hd = \left[ \frac{Q_{m\acute{a}x}}{Cv \times L} \right]^{2/3}$$

Para definir la altura total del vertedor se deberá agregar un libre bordo (Hl) mínimo de 0.20 m y ajustar las dimensiones con las medidas comerciales de los gaviones, lo cual se puede lograr ajustando el valor de L el cual se recomienda sea de un tercio del ancho de la sección a la altura efectiva de la presa. (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE GAVIONES, 2009, pág. 8)

**b. Diseño de la colocación de los gaviones:**

Se propone la colocación de los gaviones en función de la sección transversal de la cárcava, la altura efectiva de la presa, el tamaño del vertedor y del colchón amortiguador, con lo cual se define el número y el tamaño de los gaviones a utilizar para construir de la presa de gaviones. (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE GAVIONES, 2009, pág. 8)

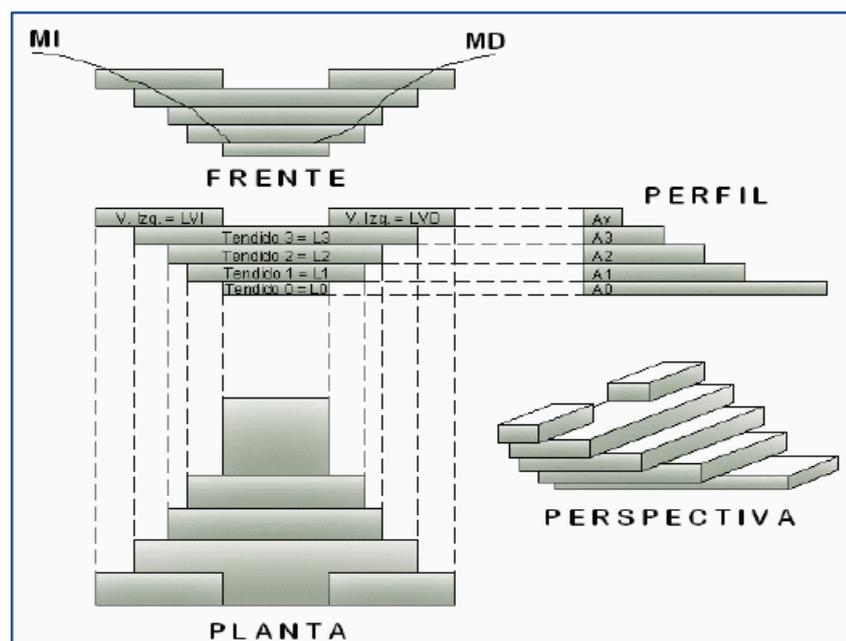
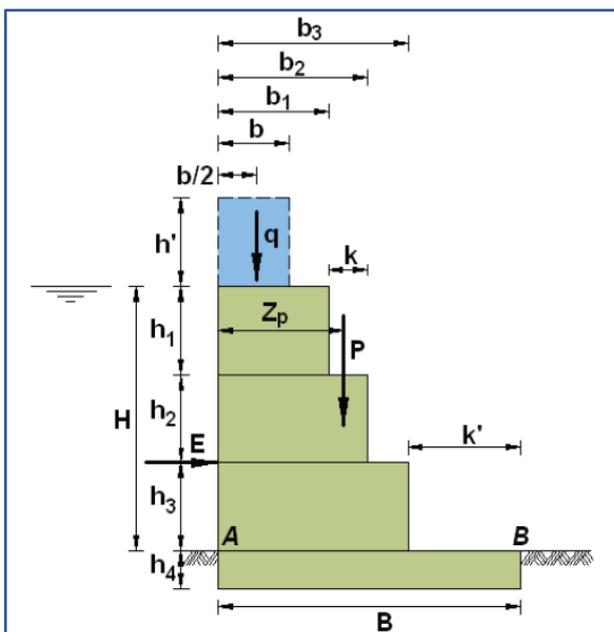


Ilustración N° 16. Esquema de la colocación de gaviones

Fuente: (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE GAVIONES, 2009)

**c. Cálculo estructural:**

Para el cálculo estructural López Martínez & Oropeza Mota (2009) menciona que “se realiza a partir de la sección crítica unitaria, esto es, que las dimensiones están referidas a la unidad de ancho del muro” (pág. 9).



*Ilustración N° 17. Perfil de la sección crítica unitaria*

Fuente: (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE GAVIONES, 2009)

Donde:

$H$  : Altura de la presa o dique ( $m^3/s$ )

$h'$  : Altura de la lámina vertiente (m)

$h_1, h_2$  y  $h_3$  : Altura de tendidos (m)

$h_4$  : Altura de la cimentación (m)

$B$  : Base de presa (m)

$b$  : Ancho de corona de la presa (m)

$k$  : Longitud constante del escalón (m)

$k'$  : Longitud del colchón amortiguador (m)

$b_1, b_2$  y  $b_3$  : Ancho de los tendidos (m)

$q$  : Peso de la lámina vertiente (kg)

- E : Empuje hidrostático del agua (kg)  
 P : Peso total de la sección crítica unitaria (kg)

Datos adicionales requeridos son:

- V : Volumen total de la obra (m<sup>3</sup>)  
 W : Peso específico del agua con sedimentos (kg/m<sup>3</sup>)  
 $\gamma_p$  : Peso específico de la piedra (kg/m<sup>3</sup>)  
 $\gamma_0$  : Peso específico aparente (kg/m<sup>3</sup>)  
 $\mu$  : Coeficiente de fricción (adimensional)  
 S : Superficie de mojado de la sección unitaria (m<sup>2</sup>)  
 h : Centro de gravedad de la superficie de mojado (m)  
 a : Ancho de la sección crítica unitaria (1m)

Los valores de los coeficientes de fricción se toman del siguiente cuadro:

Cuadro N° 6. Valores aproximados de los coeficientes de fricción estática para superficies secas

Metal sobre metal	0.15–0.60
Metal sobre madera	0.20–0.60
Metal sobre piedra	0.30–0.70
Metal sobre cuero	0.30–0.60
Madera sobre madera	0.25–0.50
Madera sobre cuero	0.25–0.50
<b>Piedra sobre piedra</b>	<b>0.40–0.70</b>
Tierra sobre tierra	0.20–1.00
Hule sobre concreto	0.60–0.90

Fuente: (Solorzano Lopez, s.f.)

✓ Cálculo del peso de la lámina vertiente ( $q$ )

$$q = h' \times b \times a \times w$$

De la ilustración 23, el brazo de la palanca con respecto al punto A es:

$$X(q) = \frac{b}{2}$$

- ✓ *Cálculo del peso de la sección crítica unitaria (P)*

Cálculo del volumen unitario:

$$V = (h_1 \times b_1) + (h_2 \times b_2) + (h_3 \times b_3) + (h_4 \times B)$$

Cálculo del peso específico aparente:

$$\gamma_0 = \gamma_P - W$$

Cálculo del peso total:

$$P = V \times \gamma_0$$

Distancia X respecto al punto A:

$$X(P) = Z_P$$

$$Z_P = V \times \left\{ \left[ (h_1 b_1) \times \frac{b_1}{2} \right] + \left[ (h_2 b_2) \times \frac{b_2}{2} \right] + \left[ (h_3 b_3) \times \frac{b_3}{2} \right] + \left[ (h_4 b_4) \times \frac{B}{2} \right] \right\}$$

- ✓ *Cálculo de la superficie de mojado (S)*

$$S = H \times a$$

- ✓ *Cálculo del centro de gravedad de la superficie de mojado (h)*

$$h = \frac{H}{2}$$

- ✓ *Cálculo del empuje hidrostático (E)*

$$E = S \times h \times w$$

Su brazo de palanca con respecto al punto A:

$$X(E) = \frac{H}{3} + h_4$$

- ✓ *Cálculo de la condición del núcleo central*

$$q(X_q) + P(X_p) + E(X_E) \leq \frac{2 \times (q + P) \times B}{3}$$

- ✓ *Cálculo de la condición al deslizamiento*

$$F.SD = (q + P) \times \mu \geq E$$

- ✓ *Cálculo de la condición de no volcamiento*

$$F.SV = \frac{MP_B}{ME_B} = \frac{P \times Zp'}{E \times Y'} \geq 1$$

### 2.2.7.3. Diques de Mampostería

Las presas de mampostería son estructuras permanentes construidas con piedra, arena y cemento, ubicadas de forma transversal a la corriente dentro de un cauce o una cárcava, con el fin de reducir la velocidad del escurrimiento superficial, retener azolves y almacenar agua. (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE MAMPOSTERÍA, 2009, pág. 2)

#### *a. Diseño de la presa de mampostería:*

- ✓ *Carga sobre la cresta del vertedor*

La descarga de los vertedores de las presas de control se calcula:

$$Q = Cv \times L \times Hd^{3/2}$$

Donde:

Q : Gasto de descarga (m<sup>3</sup>/s)

Cv : Coeficiente del vertedor (adim.)

L : Longitud efectiva del vertedor (m)

Hd : Carga sobre la cresta del vertedor (m)

La longitud efectiva del vertedor se considera de al menos un tercio del ancho del cauce o cárcava y el coeficiente del vertedor es de 1.45 ya que se trata de vertedores de cresta ancha y sección longitudinal rectangular. (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE MAMPOSTERÍA, 2009, pág. 3)

Calculo de Hd:

$$Hd = \left[ \frac{Q_{m\acute{a}x}}{Cv \times L} \right]^{2/3}$$

**b. Diseño Estructural:**

El diseño que se desarrolla a continuación se hizo considerando únicamente presas de tipo gravedad en las que todas las fuerzas que intervienen en la estabilidad de la obra son equilibradas por el propio peso de la estructura. En este método de diseño se busca que la resultante de las fuerzas actuantes quede dentro del tercio medio de la base de la presa, evitando con ello que se presenten tensiones. (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE MAMPOSTERÍA, 2009, pág. 4)

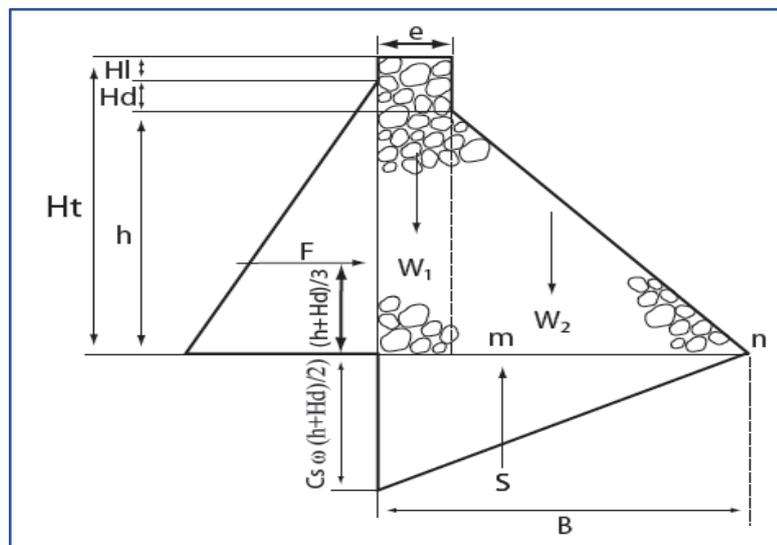


Ilustración N° 18. Fuerzas que actúan en una presa de gravedad  
Fuente: (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE MAMPOSTERÍA, 2009)

Definición de variables:

$h$  : Altura efectiva de la presa (m)

$H_t$  : Altura total de la presa (m)

$B$  : Ancho de la base (m)

$e$  : Ancho de la corona (m)

$H_l$  : Bordo libre (m)

$H_d$  : Carga sobre la cresta del vertedor (m)

$F$  : Empuje hidrostático (kg)

$W_1$  : Peso de la sección rectangular de la cortina (kg)

$W_2$  : Peso de la sección triangular de la cortina (kg)

$K$  : Coeficiente de Subpresión (adim.)

$\gamma$  : Peso específico de la mampostería ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\omega$  : Peso específico del agua con sedimentos ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$S$  : Subpresión

✓ *Cálculo del ancho de la corona "e"*

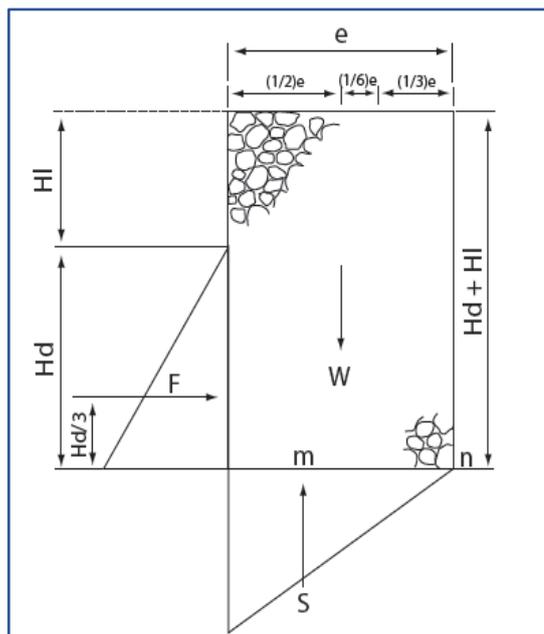


Ilustración N° 19. Diagrama de esfuerzos para determinar el ancho de corona  
Fuente: (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE MAMPOSTERÍA, 2009)

Obteniendo momentos con respecto a “n” se tiene:

$$\sum Mn = 0$$

$$\frac{1}{6}K\omega Hde^2 - \frac{1}{6}\gamma(Hd + Hl)e^2 + \frac{1}{6}\omega(Hd)^3 = 0$$

Simplificando y despejando “e”:

$$e = \sqrt{\frac{\omega(Hd)^3}{\gamma(Hd + Hl) - K\omega Hd}}$$

Donde:

e : Ancho de la corona (m)

$\omega$  : Peso específico del agua con sedimentos (kg/m<sup>3</sup>)

$\gamma$  : Peso específico del material de la cortina (kg/m<sup>3</sup>)

Hd : Carga de trabajo del vertedor (m)

Hl : Bordo libre (m)

K : coeficiente de Subpresión (adim.)

Los valores de K pueden variar de 0 a 1 (K=0 para roca, K=1/3 para arcilla, K=1/2 para textura franca y K=2/3 para arena).

✓ *Cálculo de la base de la presa “B”*

Se procede a calcular momentos con respecto al punto “n”

$$\sum Mn = 0$$

$$K\omega(h + Hd)B^2 - \gamma hB^2 + 3e\gamma hB - 4e\gamma HtB + 3e^2\gamma Ht - 2e^2\gamma h + \omega(h + Hd)^3 = 0$$

$$(K\omega(h + Hd) - \gamma h)B^2 + (\gamma e(3h - 4Ht))B + \gamma e^2(3Ht - 2h) + \omega(h + Hd)^3 = 0$$

Esta última ecuación cuadrática es  $ax^2+bx+c=0$ , se puede encontrar el valor de “B” por medio de la ecuación:

$$B = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Donde:

$$a \quad : \quad K\omega (h + Hd) - \gamma h$$

$$b \quad : \quad \gamma e (3h - 4Ht)$$

$$c \quad : \quad \gamma e^2(3Ht - 2h) + \omega(h + Hd)^3$$

✓ *Análisis de la estabilidad de la presa*

Centro de gravedad:

$$X = \frac{\sum XA}{\sum A}$$

Peso de la presa de mampostería:

$$W = \gamma \times \sum A$$

A este peso se le incrementará el peso de la lámina vertiente (q):

$$q = Hd \times \gamma_{az}$$

Fuerza de empuje de los sedimentos (F):

$$F = \gamma_{az} \times \left(\frac{h^2}{2}\right)$$

$\gamma_{az}$ : Peso específico del azolve (kg/m<sup>3</sup>).

Subpresión del agua (S):

$$S = \frac{K\gamma_a hB}{2}$$

$\gamma_a$  :      Peso específico del agua = 1 000 (kg/m<sup>3</sup>)

Resultante Normal:

$$R_n = W - S$$

$$z = \frac{W(B - X) - F\left(\frac{h}{3}\right) - S\left(2\frac{B}{3}\right)}{R_n}$$

Cálculo de la excentricidad:

$$e_x = \frac{B}{2} - z$$

✓ *Análisis por deslizamiento horizontal*

$$F.DH = \frac{\sum Fv}{\sum Fh} \geq 1.5$$

Donde:

$\sum Fv$  :      Sumatoria de fuerzas verticales

$\sum Fh$  :      Sumatoria de fuerzas horizontales

F. DH :      Factor de seguridad de deslizamiento

✓ *Análisis por volteo*

$$F.SV = \frac{\sum MR}{\sum MA} \geq 1.5$$

Donde:

$\sum MR$  :      Momentos producidos por fuerzas verticales

$\sum MA$  :      Momentos producidos por fuerzas horizontales

✓ *Análisis por capacidad de carga*

Terzagui fue el primero en presentar la ecuación para la capacidad de carga en cimentaciones superficiales, y Meyerhof fue quien tomó dicha ecuación para mejorarla tomando en cuenta factores de inclinación.

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Donde:

c : cohesión

q : esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

$\gamma$  : peso específico del suelo

B : ancho de la cimentación

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$  : factores de forma

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$  : factores de profundidad

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$  : factores de inclinación de la carga

$N_c, N_q, N_\gamma$  : factores de capacidad de carga

Cuadro N° 7. Factores de capacidad de carga

$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_q/N_c$	$\tan \phi$	$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_q/N_c$	$\tan \phi$
0	5.14	1.00	0.00	0.20	0.00	26	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
1	5.38	1.09	0.07	0.20	0.02	27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
2	5.63	1.20	0.15	0.21	0.03	28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
3	5.90	1.31	0.24	0.22	0.05	29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
4	6.19	1.43	0.34	0.23	0.07	30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
5	6.49	1.57	0.45	0.24	0.09	31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
6	6.81	1.72	0.57	0.25	0.11	32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
7	7.16	1.88	0.71	0.26	0.12	33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
8	7.53	2.06	0.86	0.27	0.14	34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
9	7.92	2.25	1.03	0.28	0.16	35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
10	8.35	2.47	1.22	0.30	0.18	36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
11	8.80	2.71	1.44	0.31	0.19	37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
12	9.28	2.97	1.69	0.32	0.21	38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
13	9.81	3.26	1.97	0.33	0.23	39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
14	10.37	3.59	2.29	0.35	0.25	40	75.31	64.20	109.41	0.85	0.84
15	10.98	3.94	2.65	0.36	0.27	41	83.86	73.90	130.22	0.88	0.87
16	11.63	4.34	3.06	0.37	0.29	42	93.71	85.38	155.55	0.91	0.90
17	12.34	4.77	3.53	0.39	0.31	43	105.11	99.02	186.54	0.94	0.93
18	13.10	5.26	4.07	0.40	0.32	44	118.37	115.31	224.64	0.97	0.97
19	13.93	5.80	4.68	0.42	0.34	45	133.88	134.88	271.76	1.01	1.00
20	14.83	6.40	5.39	0.43	0.36	46	152.10	158.51	330.35	1.04	1.04
21	15.82	7.07	6.20	0.45	0.38	47	173.64	187.21	403.67	1.08	1.07
22	16.88	7.82	7.13	0.46	0.40	48	199.26	222.31	496.01	1.12	1.11
23	18.05	8.66	8.20	0.48	0.42	49	229.93	265.51	613.16	1.15	1.15
24	19.32	9.60	9.44	0.50	0.45	50	266.89	319.07	762.89	1.20	1.19
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47						

\* Según Vesic (1973)

Fuente: (Das, 2010)

Para el análisis del dique se tomará en cuenta la siguiente ecuación:

$$q_u = c_t N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_t B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Donde:

$B'$  : ancho efectivo

$c_t$  : cohesión de terreno natural

$\gamma_t$  : peso específico del terreno natural

$$q = \gamma_t \times D$$

$$B' = B - 2e$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D}{B'}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi_t (1 - \sin \phi_t)^2 \frac{D}{B'}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\phi^\circ}{90^\circ}\right)^2$$

$$\phi^\circ = \tan^{-1} \left( \frac{\sum H}{\sum V} \right)$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\phi^\circ}{\phi_t}\right)^2$$

De la ecuación “note que los factores de forma  $F_{cs}$ ,  $F_{qs}$  y  $F_{\gamma s}$  son iguales a 1 porque son tratados como una cimentación continua. Por esta razón, los factores de forma no se muestran en la ecuación” (Das, 2010, pág. 458).

Para hallar la carga máxima del dique se usa la siguiente fórmula:

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{\sum V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

Donde:

$\sum V$  : sumatoria fuerzas verticales

B : ancho de base

e : excentricidad del dique

El factor de seguridad por capacidad de carga se determina:

$$FS.Cc = \frac{q_u}{q_{m\acute{a}x}} \geq 3$$

(Este análisis también se aplica al diseño de diques de gaviones).

✓ *Diseño del colchón amortiguador*

Como diseño del colchón amortiguador se entiende el encontrar su longitud y profundidad, de tal modo que en su interior se produzca un salto hidráulico que disipe la energía del agua al caer de la cresta del vertedor al piso de la cárcava. Con un colchón adecuado se evita la socavación aguas abajo de la estructura. (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE MAMPOSTERÍA, 2009, pág. 6)

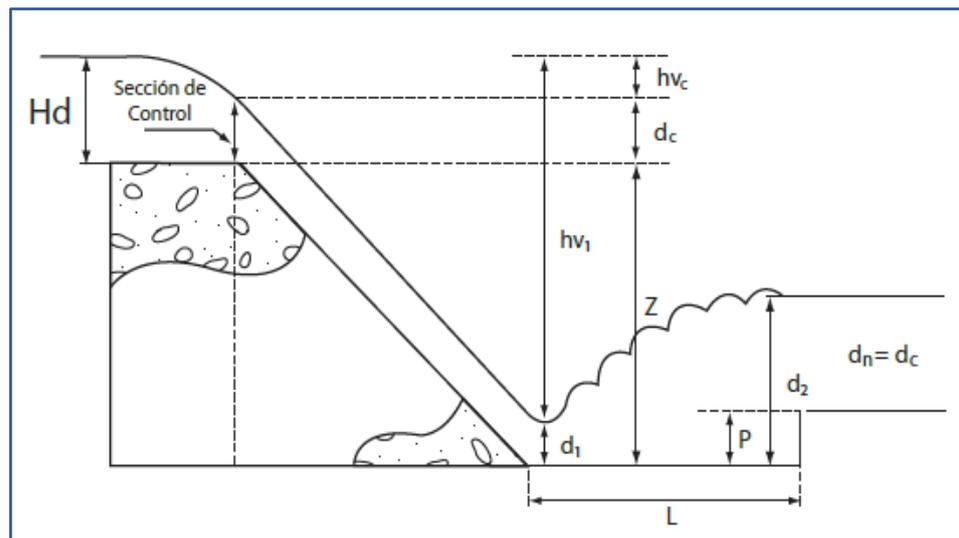


Ilustración N° 20. variables que intervienen en el diseño de un colchón hidráulico  
Fuente: (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE MAMPOSTERÍA, 2009)

Se debe tener en cuenta la Ley de Conservación de Energía (Bernoulli):

$$z + d_c + hv_c = d_1 + hv_1$$

Donde:

$z$  : Diferencia de nivel entre la cresta vertedora y el piso del colchón.

$d_c$  : Tirante crítico, nivel del agua sobre la cresta vertedora.

$hv_c$  : Carga de velocidad al presentarse el tirante crítico.

$d_1$  : Tirante en la sección más contraída de la vena líquida.

$hv_1$  : Carga de velocidad en el lugar donde se presenta  $d_1$ .

Para resolver la ecuación se debe encontrar el tirante  $d_1$  que satisfaga por medio de tanteos. Con el fin de encontrar una solución aplicable a todas las cortinas, se consideró que  $z =$  altura efectiva de la presa, es decir,  $z = h$ , y además se utilizó el concepto de gasto unitario ( $q$ ) que es el gasto que pasa por una longitud de un metro de vertedor. (López Martínez & Oropeza Mota, PRESAS DE MAMPOSTERÍA, 2009, pág. 7)

$$q = \frac{Q}{Bv}$$

Donde:

$q$  : Gasto unitario ( $m^3/s$ ) /m

$Q$  : Gasto total en el vertedor ( $m^3/s$ )

$Bv$  : Longitud de la cresta vertedora (m)

Cálculo del tirante crítico ( $d_c$ )

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

g : Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

Cálculo de la velocidad crítica:

$$hv_c = \frac{\left(\frac{q}{d_c}\right)^2}{2g}$$

$$hv_1 = \frac{v_1^2}{2g}$$

$$v_1 = \frac{q}{d_1}$$

Y d<sub>1</sub> se calcula por tanteos.

Según López Martínez & Oropeza Mota (PRESAS DE MAMPOSTERÍA, 2009) menciona que “una vez obtenido el tirante d<sub>1</sub> que se conoce como “conjugado menor” se calcula el conjugado mayor d<sub>2</sub>, que es la altura de la superficie libre del agua al final del salto hidráulico” (pág. 7).

$$d_2 = -\frac{d_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{d_1^2}{4}\right) + \left(\frac{2v_1^2 d_1}{g}\right)}$$

Se debe cumplir con las siguientes condiciones.

$$L = 5(d_2 - d_1)$$

$$P = d_2 - d_c$$

Donde:

L : Longitud del colchón hidráulico (m)

P : Profundidad del colchón hidráulico (m)

#### 2.2.7.4. Método de Mononobe - Okabe

Según la tesis de Gonzáles Blandón (2012, pág. 15) describe el Método de Mononobe - Okabe de la siguiente manera:

El método de análisis del empuje de tierra dinámico propuesto por Mononobe y Okabe (1929 – 1926) obedece a una extensión de la teoría de la cuña deslizante de Coulomb, para condiciones pseudo-estáticas. Este método permite obtener presiones dinámicas activas y pasivas sobre una estructura de retención con relleno de material granular.

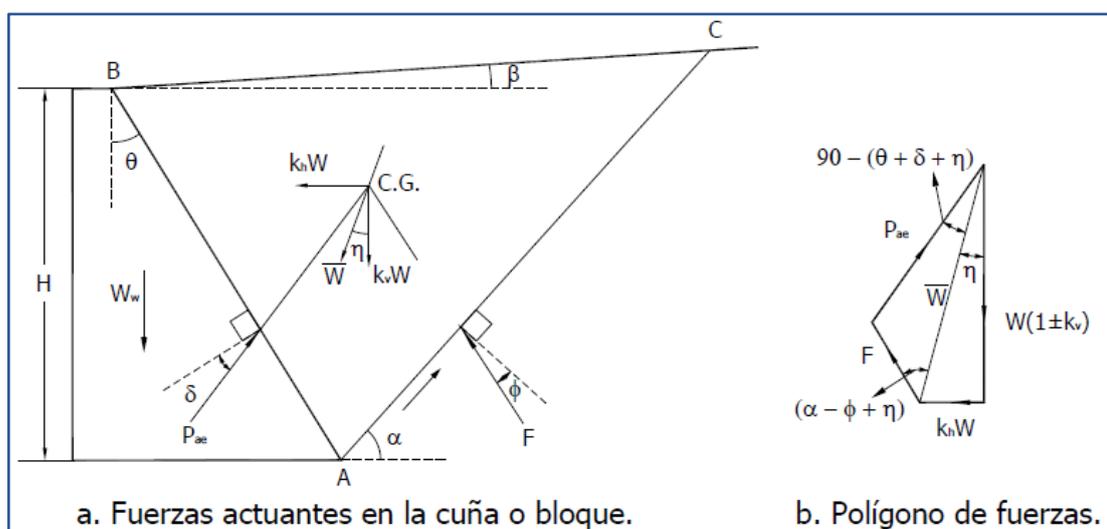


Ilustración N° 21. Presión de tierra activa en condiciones dinámicas

Fuente: (Gonzáles Blandón, 2012)

$$P_h = P_{h-est} + P_{h-din}$$

La suma de la componente estática y dinámica nos dan el empuje total. Gonzáles Blandón (2012) también menciona lo siguiente sobre el empuje total “se obtiene en función de las propiedades de resistencia del suelo de relleno y de la estructura de retención, además de propiedades

geométricas, aceleración de la gravedad y aceleraciones pseudo-estáticas”  
(pág. 107). Para dicho concepto se formula lo siguiente:

$$P_h = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - k_v) K_{ae}$$

$$K_{ae} = \frac{\sin(\theta + \eta - \phi)^2}{\cos(\eta) \sin(\theta)^2 \sin(\delta + \theta + \eta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \eta - \beta)}{\sin(\delta + \theta + \eta) \sin(\theta + \beta)}} \right]^2}$$

$$\eta = \tan^{-1} \left[ \frac{k_h}{1 - k_v} \right]$$

$$P_{h-est} = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a$$

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

Donde:

- $k_h$  y  $k_v$  : aceleraciones horizontal y vertical
- $K_{ae}$  : coeficiente de presión de tierra activa dinámico
- $K_a$  : coeficiente de presión de tierra estático
- $\eta$  : ángulo sísmico
- $\phi$  : ángulo de fricción interna del suelo
- $\delta$  : ángulo de fricción en el contacto suelo – muro
- $\beta$  y  $\theta$  : ángulos de inclinación de la superficie del relleno y respaldo del muro
- $\gamma$  : peso volumétrico del relleno
- $H$  : altura del dique

El punto de aplicación del empuje en el dique se da en:

$$L = \frac{H}{3}$$

Según la tesis de Nuñez Candiotti (2020) los parámetros sísmicos se calculan de la siguiente manera:

- Aceleración horizontal E.30 (Z): factor definida según zona sísmica (RNE)
- Coeficiente de aceleración horizontal ( $K_h$ ):

$$K_h = \frac{z}{2}$$

- Coeficiente de aceleración vertical ( $K_v$ ):

$$K_v = K_h \times \frac{2}{3}$$

#### **2.2.8. Costos de construcción de los diques**

Los costos de construcción permiten tomar decisiones de manera oportuna, para ello se considera los precios de:

- Materiales
- Equipos
- Mano de obra
- Herramientas

#### **2.2.9. Proceso de construcción**

Son los pasos, procedimientos o acciones que se toman para la construcción una obra de manera que pueda ser ordenada considerando los materiales, detalles y tiempo de ejecución de una obra.

### 2.3. Definición de términos básicos

- ❖ **Aluvi6n:** Desplazamiento violento de una gran masa de agua con mezcla de sedimentos de variada granulometrfa y bloques de roca de grandes dimensiones. se desplazan con gran velocidad a trav9s de quebradas o valles en pendiente.
- ❖ **Azolve:** Deposiciones en el fondo o lecho de los r6os, lagos, canales, etc. formados por los sedimentos o materiales solidos transportados por el agua.
- ❖ **C6rcava:** Zanja excavada en sedimentos no consolidados en las laderas por acci6n de las aguas de lluvias que escurren por la superficie.
- ❖ **Caudal o gasto:** Es el volumen de un l6quido que atraviesa una secci6n por unidad de tiempo, se denomina con la letra Q.
- ❖ **Colch6n hidr6ulico:** Llamado tambi9n colch6n amortiguador, en su interior se produce un salto hidr6ulico que disipa la energfa del agua al caer de la cresta del vertedor al piso de la c6rcava.
- ❖ **Cuenca hidrogr6fica:** Es el espacio que recoge el agua de las precipitaciones pluviales y, de acuerdo a las caracterfsticas fisiogr6ficas, geol6gicas y ecol6gicas del suelo, donde se almacena, distribuye y transforma el agua proporcionando a la sociedad humana el l6quido vital para su supervivencia y necesario para los procesos productivos, asf como donde se dan excesos y d6ficit hfdricos, que eventualmente devienen en desastres ocasionados por inundaciones y sequias.
- ❖ **Desastre:** Una interrupci6n grave en el funcionamiento de una comunidad causando grandes p9rdidas a nivel humano, material o ambiental, suficientes para que la comunidad afectada no pueda salir adelante por sus propios medios,

necesitando apoyo externo. Los desastres se clasifican de acuerdo a su origen (natural o tecnológico).

- ❖ **Diques:** Muro grueso construido para contener la fuerza del agua, embalsarla o reducirla.
- ❖ **Escorrentía:** Movimiento de las aguas continentales por efecto de la gravedad que tiene lugar a lo largo de cauces naturalmente excavadas en la superficie del terreno.
- ❖ **Flujo de detritos:** Es una masa móvil, saturada en agua, compuesta de una mezcla de rocas, sedimentos, agua y gases, donde entre el 50 y el 80% del material es sólido y se encuentra suspendido en agua. Se desplaza pendiente abajo por influencia de la gravedad, posee un rápido avance, gran movilidad y gran capacidad destructiva.
- ❖ **Gavión:** Consisten en una caja o cesta de forma prismática rectangular, rellena de piedra o tierra, de mimbre o mallas metálicas de acero inoxidable o hierro galvanizado con bajo contenido de carbono.
- ❖ **Gestión de desastres:** Conjunto de conocimientos, medidas, acciones y procedimientos que, juntamente con el uso racional de recursos humanos y materiales, se orientan al planteamiento, organización, dirección y control de actividades relacionadas con la prevención y la estimación del riesgo, la reducción de riesgos, la respuesta ante las emergencias y reconstrucción.
- ❖ **Huaycos:** El “huayco” o “llocla” (nombre más correcto en el idioma quechua), es un tipo de aluvión de magnitudes ligeras moderadas, que se registra con frecuencia en las cuencas hidrográficas del país, generalmente durante el periodo de lluvias.

- ❖ **Mampostería:** Procedimiento de construcción en que se unen las piedras con arena y cemento sin ningún orden de hiladas o tamaños.
- ❖ **Mitigación:** Reducción de los efectos de un desastre, principalmente disminuyendo la vulnerabilidad. Las medidas de prevención que se toman a nivel de ingeniería, dictado de normas legales, planificación y otros están orientadas a la protección de vidas humanas, de bienes materiales y de producción contra desastres de origen natural, biológicos y tecnológicos.
- ❖ **Peligro:** Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente.
- ❖ **Precipitación:** Es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmosfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no virga, neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación.
- ❖ **Presa:** Es una obra que se lleva a cabo para contener o regular el curso del agua. El concepto se utiliza para nombrar al lugar donde las aguas quedan detenidas, ya sea de forma artificial o natural.
- ❖ **Quebrada:** En geografía, el término quebrada define a un desfiladero, abertura o valle estrecho y escarpado que, encajonado, disecta relieves positivos o discurre entre montañas, formando una hondonada profunda cuyas laderas "caen" abruptamente hacia el fondo. Su origen puede encontrarse en la acción del discurrir de las aguas en el transcurso del tiempo o por actividad tectónica. Generalmente, por ella corre un arroyo o riachuelo, al menos, durante una parte del año o luego de tormentas.

- ❖ **Riesgo:** evaluación esperada de probables víctimas, pérdidas y daños a los bienes materiales, a la propiedad y economía, para un periodo específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad.
- ❖ **Sedimento:** Es un material sólido acumulado sobre la superficie terrestre (litosfera) derivado de las acciones de fenómenos y procesos que actúan en la atmósfera, en la hidrósfera y en la biósfera (vientos, variaciones de temperatura, precipitaciones meteorológicas, circulación de aguas superficiales o subterráneas).
- ❖ **Vertedero:** Es una estructura hidráulica destinada a propiciar el pase, libre o controlado del agua en los escurrimientos superficiales, siendo el aliviadero en exclusiva para el desagüe y no para la medición.
- ❖ **Vulnerabilidad:** Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser física, social, cultural, económica, institucional y otros.

## 2.4. Formulación de Hipótesis

### 2.4.1. *Hipótesis General*

#### **Hipótesis alterna:**

**Hi:** La evaluación del adecuado y eficiente dique de control influye en la mitigación de huaycos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco.

#### **Hipótesis nula:**

**H<sub>0</sub>:** La evaluación del adecuado y eficiente dique de control no influye en la mitigación de huaycos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco.

#### **2.4.2. Hipótesis Específicas:**

- **H<sub>1</sub>:** El empuje dinámico influye en el diseño hidráulico y geotécnico en los diques de gavión y de mampostería.
- **H<sub>2</sub>:** La estabilidad de los diques de gavión y de mampostería varían con un caudal en condiciones normales y con periodos de retorno de 5 y 50 años.
- **H<sub>3</sub>:** Existe una diferencia del costo y proceso de construcción entre los diques de gavión y de mampostería.

#### **2.4.3. Hipótesis Nula:**

- **H<sub>01</sub>:** El empuje dinámico no influye en el diseño hidráulico y geotécnico en los diques de gavión y de mampostería.
- **H<sub>02</sub>:** La estabilidad de los diques de gavión y de mampostería no varían con un caudal en condiciones normales y con periodos de retorno de 5 y 50 años.
- **H<sub>03</sub>:** No existe una diferencia del costo y proceso de construcción entre los diques de gavión y de mampostería.

### **2.5. Identificación de las variables**

#### **2.5.1. Variables Independientes**

- Diques de control

#### **2.5.2. Variables Dependientes**

- Mitigación de huaycos

### **2.5.3. Variables Intervinientes**

- Del sujeto: dominio de software para análisis y diseño de diques, y mano de obra calificada.
- Naturaleza: el viento, lluvias, topografía, tipo de suelos, sismo
- Instrumentos: calidad actual de equipos de laboratorio

## **2.6. Definición operacional de variables e indicadores**

### **2.6.1. Dimensiones**

- Diques de Gavión
- Diques de mampostería
- Topografía
- Tipo de suelo
- Caudal

### **2.6.2. Indicadores**

- Forma, dimensiones y estabilidad de los diques
- Pendiente, peso específico, granulometría del suelo de las quebradas
- Precipitación y caudal máximo en las quebradas.

### **2.6.3. Medición**

- Longitudes en metros (m)
- Factores de seguridad (deslizamiento, volteo y capacidad de carga)
- Pendientes en porcentaje (%)
- Mediciones del suelo en  $\text{Kg/m}^3$  y la clasificación en SUCS
- Precipitación en mm (milímetros) y caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

De acuerdo a los tipos de datos analizados, esta investigación tendrá un **enfoque Cuantitativo**. Borja Suárez (2012) menciona que la “forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar la hipótesis.” (pág. 11)

Basado al fin que se persigue se realizara una investigación **Aplicada** debido que se busca conocer, actuar y transformar una realidad problemática que se presenta en la sociedad para dar una solución.

En ese sentido la presente investigación realizará un procedimiento basado en la medición para evaluar cada dique de control para la mitigación de huaycos, teniendo conocimiento de las características básicas hidrológicas, geotécnicas y topográficas de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.

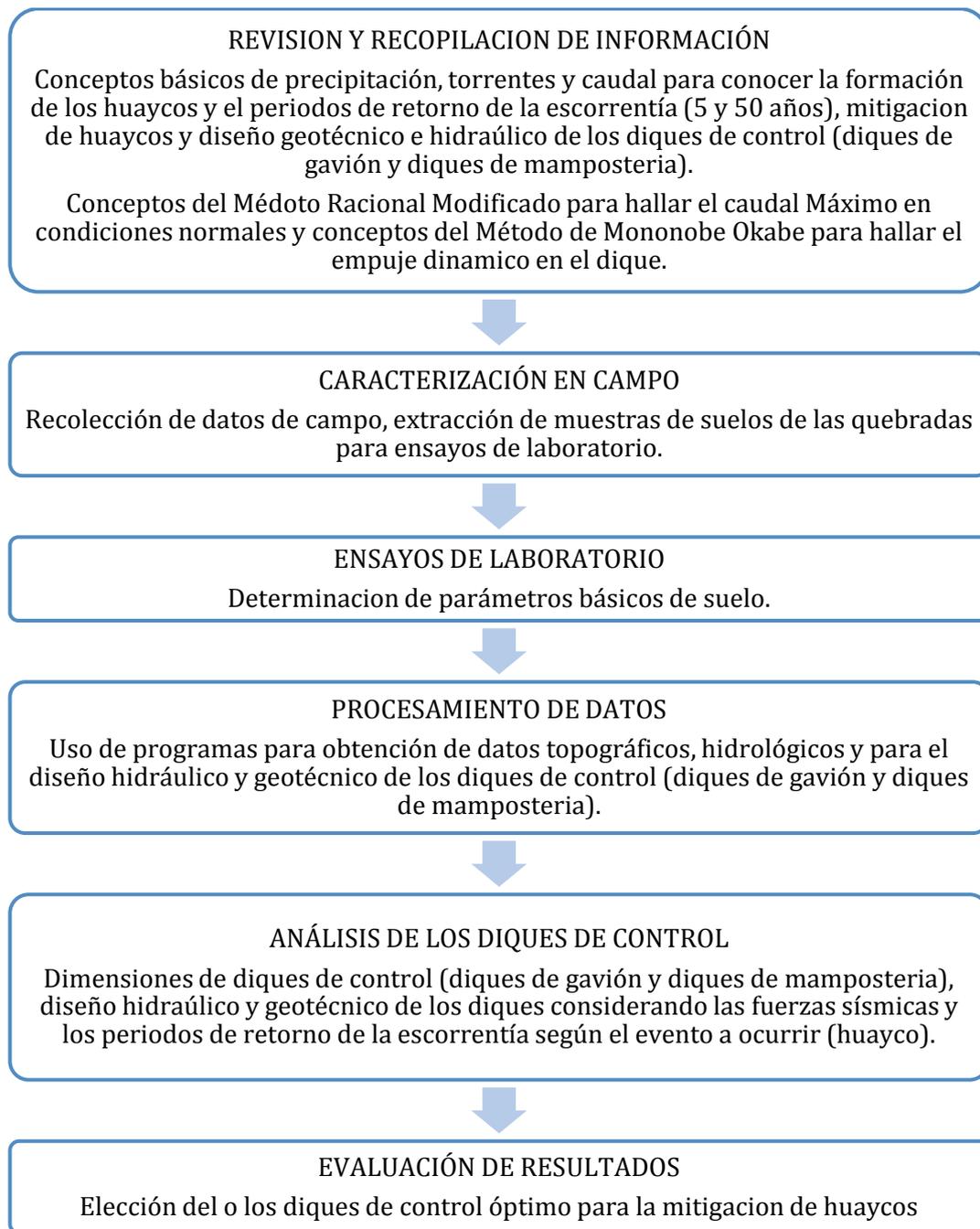
### **3.2. Nivel de Investigación**

De acuerdo a la relación de las variables que serán analizados en la presente investigación tendrá un **nivel correlacional**. Y según la solución que se desea plantear al mitigar los huaycos tendrá un **nivel Aplicativo**.

### **3.3. Métodos de Investigación**

En la presente investigación se aplicará el **método de análisis**, ya que tendremos datos para estudiarlas y realizar los cálculos respectivos para la respectiva evaluación.

Para ello se aplicará la observación, hipótesis, experimentación, teoría y conclusiones. Con dichos datos se presenta el siguiente esquema para obtener la información.



Gráfica N° 1. Procedimiento metodológico para la ejecución de la tesis  
 Fuente: Elaboración Propia

### 3.4. Diseño de Investigación

Para demostrar una hipótesis, el diseño será **Experimental** y la modalidad o clase para su demostración será **Cuasi experimental**. Según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014) menciona que en éste diseño “también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente

para observar su efecto sobre una o más variables dependientes” (pág. 151) y Borja Suárez (2012) complementa mencionando que “los grupos de estudio no han sido escogidos al azar porque ya estaban formados” (pág. 29).

Por tal motivo, en esta investigación se realizará la modificación de la variable independiente en su dimensión y forma para evaluar su comportamiento, de manera que se encuentre el diseño de los diques de control apropiado para la mitigación de huaycos.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

Según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014) menciona que “una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (pág. 174).

La población para esta investigación está constituida por todas las quebradas ubicadas en la localidad de Yanahuanca, Provincia Daniel Carrión, Departamento de Pasco.

#### **3.5.2. Muestra**

En esta investigación la muestra será **No Probabilística**, debido que “suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización” (Hérendez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014, pág. 189).

En este caso se tomó como muestra representativa las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu porque tienen antecedentes del fenómeno de huayco que puso en peligro a la población de Yanahuanca. También se tomó estas quebradas porque por medio de ellas se encuentra la carretera principal de acceso

de Cerro de Pasco – Yanahuanca, de igual manera la población se encuentra debajo de las quebradas y en dicho lugar se está construyendo un centro de salud y también viviendas.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas de recolección de datos**

Se realizará la recolección de datos con la técnica de la **observación** plasmando en formatos según la información de:

- *Datos de campo:* se obtendrá las coordenadas de la ubicación de las calicatas para la extracción de muestras.
- *Ensayo de Campo:* se realizará ensayo in situ para determinar la densidad de suelo de las quebradas.
- *Ensayos de Laboratorio:* se extraerá muestras de suelo de las quebradas para realizar ensayos donde se determinará la clasificación y valores de las características básicas del suelo.
- *Documentos y registros:* Se buscará información en páginas web de las instituciones como SENAMHI, CENEPRED, INGEMMET, GEOCATMIN, SIGRID. De igual modo se recopilará datos del Reglamento Nacional de Edificaciones, Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, así mismo de diferentes libros relacionados al tema de investigación.

#### **3.6.2. Instrumentos, ensayo de campo, ensayos de laboratorio, software**

##### **a. Instrumentos**

- ✓ GPS
- ✓ Flexómetro
- ✓ Balanza

**b. Ensayo de Campo**

- ✓ Densidad de campo con cono de arena

**c. Ensayos de laboratorio**

- ✓ Análisis granulométrico
- ✓ Límites de plasticidad (LL, LP, IP)
- ✓ Contenido de humedad
- ✓ Clasificación de suelos SUCS
- ✓ Ensayo de corte directo

**d. Softwares**

- ✓ GOOGLE EARTH
- ✓ ARCMAP 10.5
- ✓ AUTOCAD CIVIL 3D 2020
- ✓ MS EXCEL 2018

**3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

- Para esta investigación, se requirieron datos de campo y de laboratorio. Para ello en los valores de las propiedades mecánicas del suelo se usaron materiales del laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto ZEMCO, en las cuales se adjunta los certificados en el Anexo 1.
- En los datos topográficos se utilizaron imágenes ráster y se procesaron con el programa ArcMap y Civil 3D.
- Para la identificación de movimientos de masa los datos se obtuvieron de la página Web de GEOCATMIN Y SIGRID.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de Datos**

Las técnicas de procesamiento se realizarán después de obtener datos de campo y resultados de laboratorio, seguidamente se procesarán en el software Ms. Excel 2018. Respecto a las características topográficas del terreno se realizará con programas como Google Earth, Arc Map 10.5 y Auto Cad CIVIL 3D 2020.

El análisis de datos se realizará aplicando la estadística descriptiva, para ello se usará el software Ms. Excel 2018, de esa manera se evaluará el diseño óptimo de los diques de control (diques de gavión y diques de mampostería).

### **3.9. Tratamiento Estadístico**

Para evaluar los diques de control (diques de gavión y diques de mampostería) se aplicará la estadística **Descriptiva** bajo el enfoque Cuantitativo, de manera que se podrá probar la hipótesis utilizando los valores que se obtienen en las evaluaciones de los diques de control.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

Se obtuvo orientación profesional relacionado al tema de estructura, hidrología y metodología y la respectiva lectura de cada libro relacionado al tema, para obtener conceptos claros y entendibles.

Para evitar el tema de plagio se aplicó el formato APA SEPTIMA EDICIÓN citando a cada autor según la investigación realizada.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### ***4.1.1. Características generales de la zona de estudio***

###### **4.1.1.1. Ubicación**

La presente investigación tendrá lugar en la siguiente dirección:

Región : Pasco

Provincia : Daniel A. Carrión

Distrito : Yanahuanca

Lugar : Quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu



Ilustración N° 22. Ubicación de la zona de estudio  
Fuente: Elaboración Propia

El distrito de Yanahuanca está ubicado a 3184 m.s.n.m. y situada en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, en el valle que forma el río Chaupihuaranga, afluente del Huallaga, situado en las regiones naturales Quechua, Suni, Puna o Jalca y Janca o Cordillera. Se ubica a 65 km al noroeste de la ciudad de Cerro de Pasco.

#### 4.1.1.2. Clima

Yanahuanca posee un excelente clima templado, benigno y acogedor; la temperatura media mínima anual es de 10°C se registra en los meses de Febrero y Marzo, y la media máxima de 18 a 20°C en Mayo, con 23 °C en Junio y Julio respectivamente.

#### 4.1.1.3. Hidrología

La cuenca del Río Huallaga tiene un régimen glacio-pluvial puesto que la alimentación de sus aguas depende de la fusión de los glaciares localizados en sus nacientes y de las lluvias que caen en toda su cuenca. Las crecientes de los ríos se producen a partir de noviembre y duran hasta

marzo, pero no deben excluirse, sin embargo, crecientes en los meses de octubre y abril. El estiaje comienza en abril y concluye en octubre, alcanzando sus mínimos en los meses de julio y agosto; la amplitud máxima entre el estiaje y las crecientes pueden calcularse en 6 meses.

Uno de sus principales afluentes es la subcuenca del río Chaupihuaranga dentro de la provincia de Daniel Carrión.

La subcuenca del río Chaupihuaranga es el principal río que recorre la provincia de Daniel Carrión, por la parte central, tiene un recorrido en dirección de Oeste a Noreste, a una altitud aproximada de 5,650 m.s.n.m., su nacimiento debe principalmente a los deshielos de los glaciares andinos ubicados en la cordillera Occidental, de los cuales destacan la nacimiento de:

- Las lagunas Chonta, Lulicocha, Anilcocha, Leoncocha, Ranracancha, por cuyas aguas forma el río Blanco, el cual se precipita con un caudal variable durante todo el año y converge en el río Yanahuanca.
- Las lagunas de Ranracocha, Ishqui, Pomacocha, cuyas aguas forman el río Andachaca que posteriormente forma el río Pucamayo, que confluyen con el río Blanco, en el centro poblado de Chinche.
- Las lagunas de Aguascocha y Piticocha, forman el río San Juan Baños de Rabí, cuyas aguas convergen en el río Pucamayo.
- Sus principales afluentes del río Chaupihuaranga aguas abajo son el río Ushugoya, río Yanacocha.



Ilustración N° 23. Vista panorámica del Valle del Rio de Chaupihuaranga  
Fuente: (PASCO, 2015)

#### 4.1.1.4. Geología

La zona de estudio se encuentra dentro del cuadrángulo del distrito de Yanahuanca se encuentra en la hoja 21J de la Carta Geológica nacional.

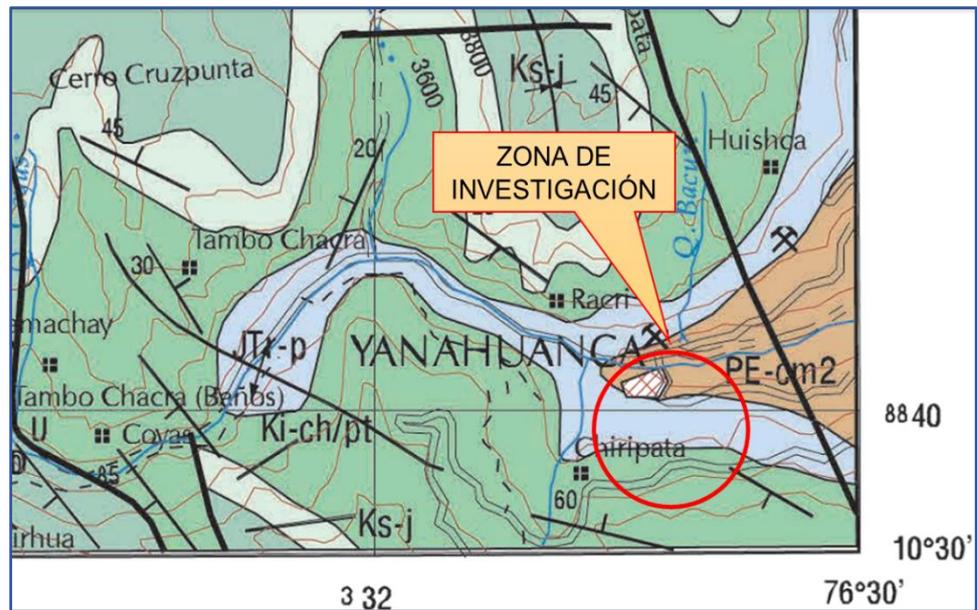


Ilustración N° 24. Mapa geológico del distrito de Yanahuanca  
Fuente: (Cobbing & Sánchez F., MAPA GEOLOGICO DEL CUADRANGULO DE  
YANAHUANCA, 1996)

LEYENDA				
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	ROCAS IGNEAS
MESOZOICA	CRETACEO	SUPERIOR	Fm. Celendin	Ks-ce
			Fm. Jumasha	Ks-J
			Fm. Pariatambo	Ki-pt
		INFERIOR	Fm. Chulec	Ki-chu
			Fm. Pariahuanca	Ki-ph
			Fm. Carhuaz	Ki-c
			Fm. Santa	Ki-s
GRUPO GOYLARISQUIZGA	Fm. Chimú	Ki-ch		
	Fm. Oyón	Ki-o		
JURASICO	INFERIOR	Grupo Pucará	JTr-p	
TRIASICO	SUPERIOR			
PALEOZOICA	PERMICO	SUPERIOR	Gpo. Mitu	Ps-m
NEOPROTEROZOICO			Complejo Marañón	PE-cm2
				PE-cm3
				PE-cm1

Ilustración N° 25. Leyenda del Mapa geológico del cuadrángulo de Yanahuanca  
Fuente: (Cobbing & Sánchez F., MAPA GEOLOGICO DEL CUADRANGULO DE YANAHUANCA, 1996)

### ➤ Estratigrafía:

#### ▪ NEOPROTEROZOICO

##### • Complejo del Marañón (PE-cm2):

Las rocas que afloran en las ventanas geológicas son pizarras, esquistos y filitas de colores marrones a grises con miembros arenáceos más macizos de 30 cm de espesor aproximadamente, desarrolladas esporádicamente. Muchas venillas pequeñas de cuarzo están presentes, las cuales son probablemente el resultado de segregación de un metamorfismo regional de bajo grado. (Cobbing, Sánchez F., Martínez V., & Zárate O., 1996, pág. 44)

- **MESOZOICA**

- **TRIÁSICO – JURÁSICO, Grupo Pucara (JTr-p):**

En los cuadrángulos de La Unión y Yanahuanca, las calizas del Triásico forman una larga faja discontinua de afloramiento situada al Este de los pueblos homónimos. La cuenca de sedimentación estuvo estructuralmente controlada y activa durante la acumulación de la secuencia triásica y jurásica inferior. (Cobbing, Sánchez F., Martínez V., & Zárate O., 1996, pág. 63)

- **CRETÁCEO, Grupo Goyllarisquizga Indiviso (Ki-chpt):**

El Grupo Goyllarisquizga consiste de areniscas blancas friables de 500 m, con miembros de estratificación cruzada de 2 m de grosor; partes de la formación están en capas más delgadas y en lajas y pueden tener lutitas interstratificadas. La parte inferior de la unidad contiene los miembros de arenisca más maciza. (Cobbing, Sánchez F., Martínez V., & Zárate O., 1996, pág. 93)

**Formación Chulec:** Litológicamente la formación consiste de una mezcla de calizas y margas. Las calizas son macizas con costras amarillas alteradas en capas de 1 m de espesor que están separadas por margas cremas y grises que se encuentran en estratos de 10 a 20 m de grosor. La formación es de un color amarillo crema terroso que es muy característico

y sirve de gran ayuda para el cartografiado geológico. (Cobbing, Sánchez F., Martínez V., & Zárate O., 1996, pág. 95)

**Formación Pariatambo:** La Formación Pariatambo descansa concordantemente sobre la Formación Chulec. Tiene un grosor de

100 m que se mantiene regularmente constante, pero hacia el eje de la cuenca en general, es ligeramente más grueso; en la Cordillera de Huayhuash alcanza 500 m de grosor.

La Formación Pariatambo consiste principalmente de margas marrón oscuras que tienen un olor fétido en superficie de fractura fresca. Caliza marrón oscuro en lajas delgadas que sobresalen como miembros resistentes. Usualmente una banda de calizas es separada por 10 m de margas. Son frecuentes las intercalaciones de calizas en estratos delgados con limoarcillitas calcáreas gris oscuras que contienen restos de ammonites. (Cobbing, Sánchez F., Martínez V., & Zárate O., 1996, pág. 95)

Con la información Geológica de la zona de estudio podemos obtener la información de los valores típicos del peso específico de las rocas para el diseño de los diques de gaviones.

Cuadro N° 8. Valores típicos del peso específico y porosidad de las rocas

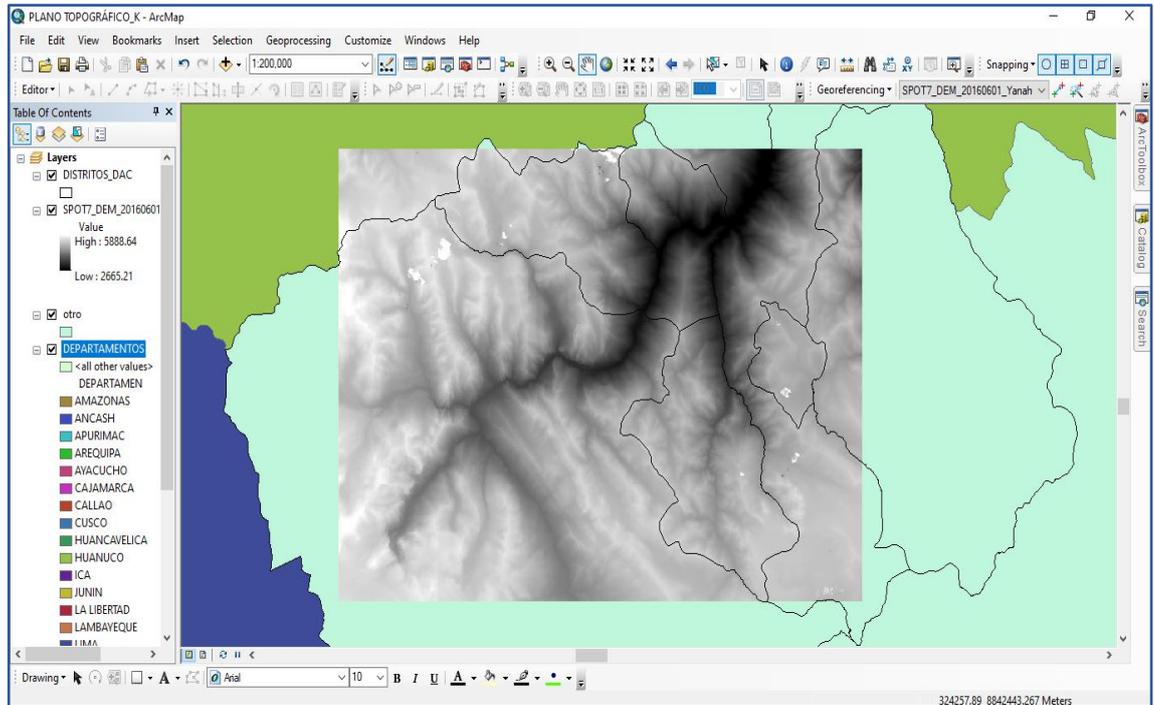
Roca	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad (%)
Andesita	2,2-2,35	10-15
Anfibolita	2,9-3,0	—
Arenisca	2,3-2,6	5-25 (16,0)
Basalto	2,7-2,9	0,1-2
Caliza	2,3-2,6	5-20 (11,0)
Carbón	1,0-2,0	10
Cuarcita	2,6-2,7	0,1-0,5
Creta	1,7-2,3	30
Diabasa	2,9	0,1
Diorita	2,7-2,85	—
Dolomita	2,5-2,6	0,5-10
Esquisto	2,5-2,8	3
Gabro	3,0-3,1	0,1-0,2
Gneiss	2,7-3,0	0,5-1,5
Granito	2,6-2,7	0,5-1,5 (0,9)
Grauvaca	2,8	3
Mármol	2,6-2,8	0,3-2 (0,6)
Lutita	2,2-2,6	2-15
Pizarra	2,5-2,7	0,1-1
Riolita	2,4-2,6	4-6
Sal	2,1-2,2	5
Toba	1,9-2,3	14-40
Yeso	2,3	5

Entre paréntesis algunos valores medios de porosidad eficaz.  
 Datos seleccionados a partir de Goodman (1989), Rahn (1986), Waltham (1999), Farmer (1968).

Fuente: (González de Vallejo, 2004)

#### 4.1.1.5. Topografía

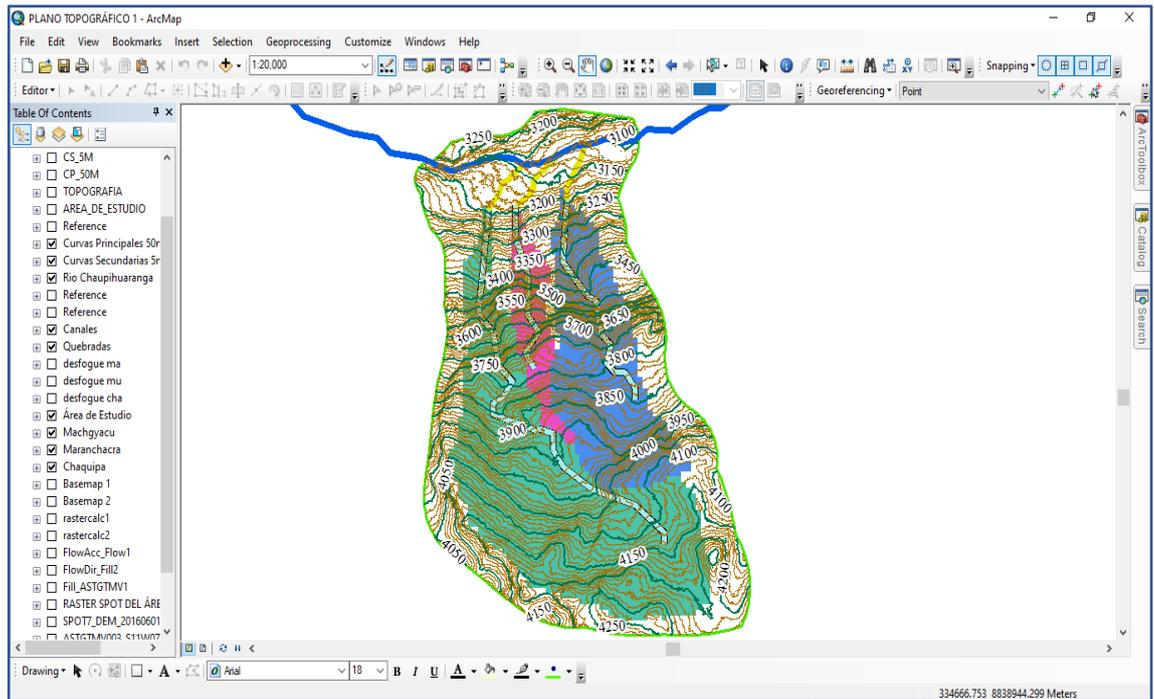
En esta etapa se realizó el plano topográfico de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu con el programa ArcGis (ArcMap) y Civil 3D utilizando imágenes Raster.



*Ilustración N° 26. Imagen Raster de la zona de estudio en ArcMap*

Fuente: Elaboración Propia

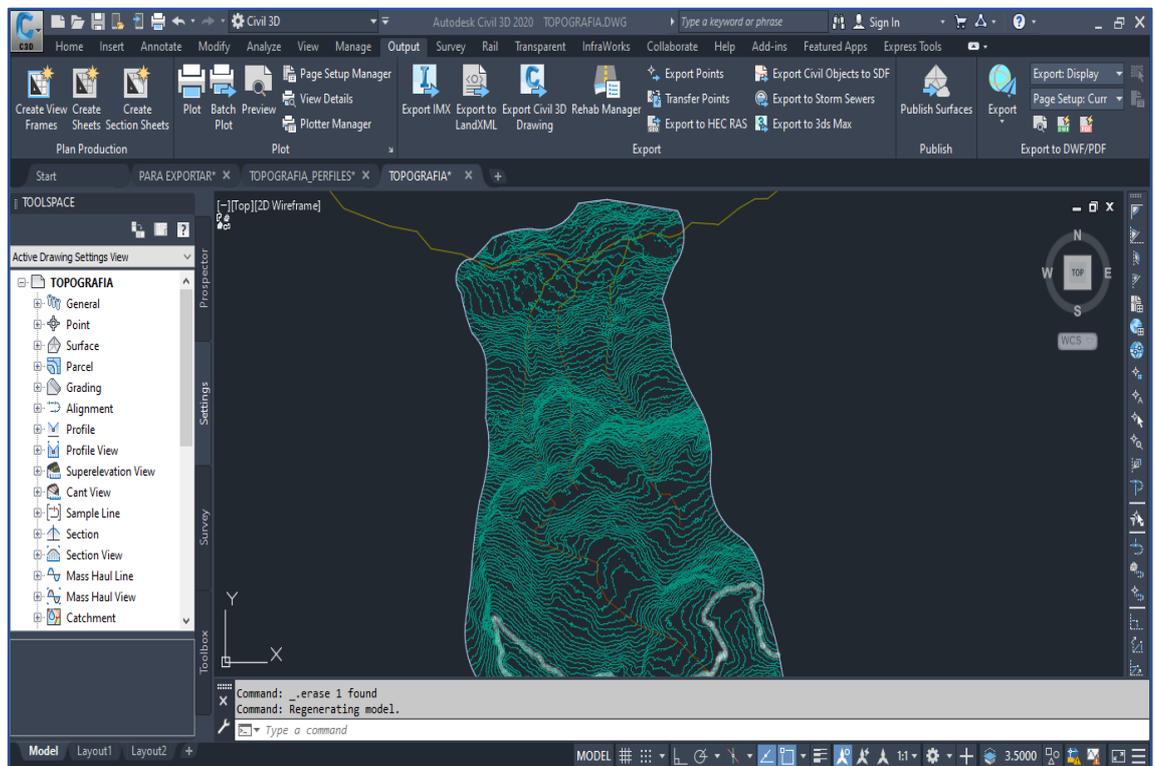
Después de realizar el proceso para obtener las curvas de nivel y la delimitación de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu se obtuvo esta imagen:



*Ilustración N° 27. Plano topográfico con delimitación de quebradas en ArcMap*

Fuente: (Adaptado de Raráz Janampa, 2020)

Obtenido las curvas de nivel de la zona de estudio, se exportaron los datos al programa Civil 3D quedando de esta manera:



*Ilustración N° 28. Plano topográfico de las quebradas en Civil 3D*

Fuente: Elaboración Propia

Con el plano topográfico exportado al Civil 3D, se procedió a realizar los perfiles longitudinales y secciones transversales de las quebradas para obtener los datos para el diseño de los diques de control.

En la siguiente tabla se describe las características fisiográficas de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.

Cuadro N° 9. Características fisiográficas de las quebradas

QUEBRADA	CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LAS QUEBRADAS					
	Área m <sup>2</sup>	Perímetr o m	Longitu d m	Cota mínima m.s.n.m	Cota máxima m.s.n.m	Pendient e Promedio (%)
<i>Chaquipa</i>	1499408.11 6	6773.042	2641.88	3195.35	4131.02	39
<i>Maranchacr a</i>	223997.642	3012.498	985.88	3184.92	3794.23	61
<i>Machgyacu</i>	761659.965	4249.342	1316.63	3197.01	3847.26	54

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.1.6. Geodinámica Externa

Los principales indicadores de la geodinámica externa observados en el distrito de Yanahuanca son los deslizamientos y huaycos.

Los deslizamientos se han presentado en la cuenca del río Chaupihuaranga a lo largo de su cauce, en la margen derecha del río se ubica la quebrada Picus, a cuya margen izquierda se producen deslizamientos, la zona del cerro Paugainpampa posee fuerte pendiente. (PASCO, 2015, pág. 69)

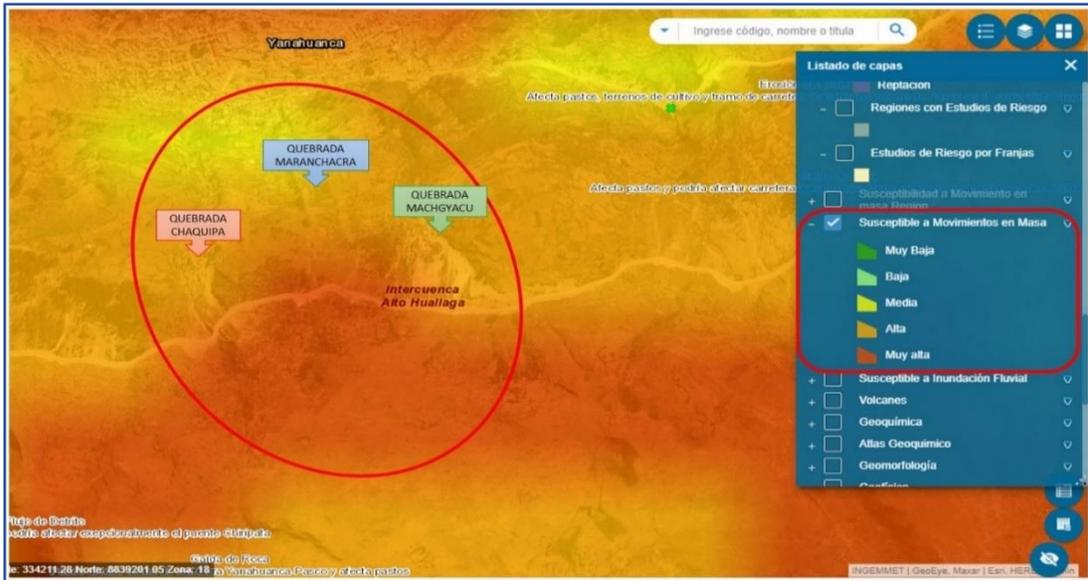


Ilustración N° 29. Mapa de identificación de movimientos de masa en Yanahuanca  
 Fuente: (GEOCATMIN, 2017)

Los huaycos se presentan especialmente en los cauces de las quebradas cuyos cursos están expuestos a fuertes pendientes y a la inestabilidad del terreno, originando la caída violenta de agua y desprendimiento de las laderas, arrastrando y sepultando todo cuanto esté a su paso. En el margen izquierdo aguas arriba del río Chaupihuaranga en el año 2010 en la ciudad de Yanahuanca se produjo un huayco que afectó a la población y las viviendas de la ciudad capital. (PASCO, 2015, pág. 69)

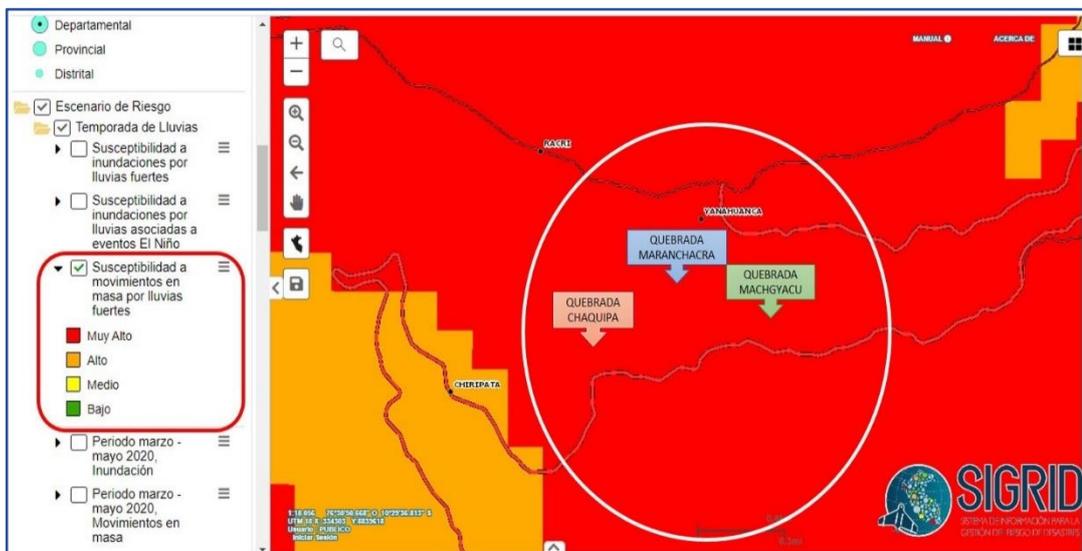


Ilustración N° 30. Zonas afectadas por movimientos de masa por lluvias fuertes  
 Fuente: (SIGRID, 2018)

#### 4.1.1.7. Geodinámica Interna y Sismicidad

Según el Mapa de Zonificación Sísmica que presenta el Reglamento Nacional de Edificaciones, norma E.030 “Diseño Sismo resistente” (2019), el área de estudio se encuentra comprendida en la zona sísmica 3, con un factor de zona (Z) de 0.35. Este factor es interpretado como una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. Por lo tanto, el área de estudio se encuentra en peligro ante un evento sísmico, ya sea intenso o severo.

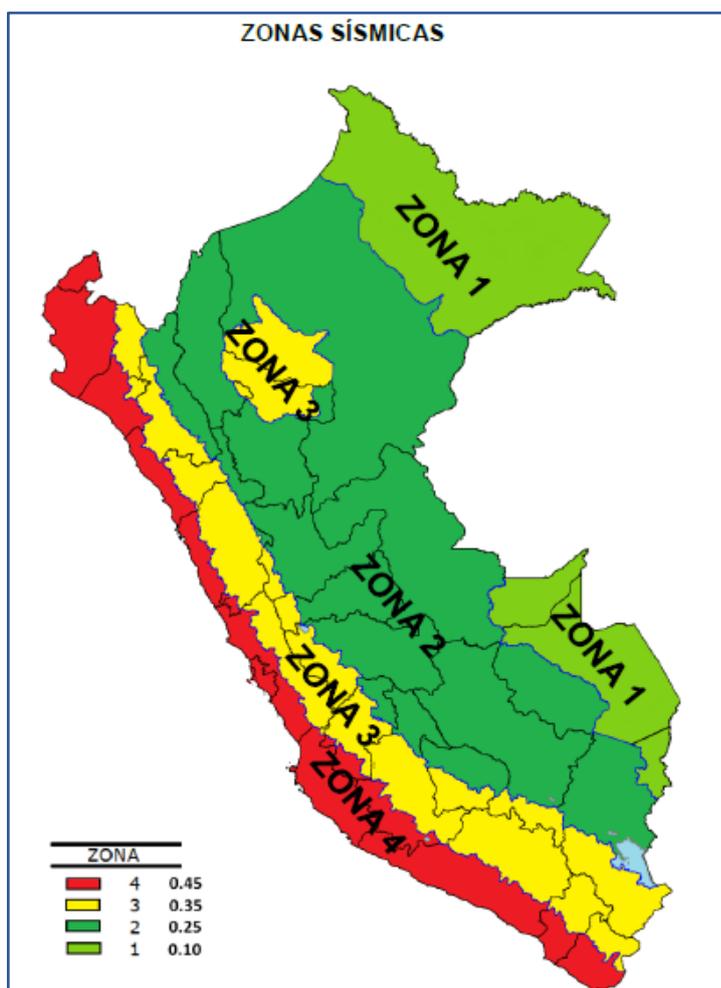


Ilustración N° 31. Zonas Sísmicas del RNE E.030

Fuente: (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2019)

#### 4.1.2. Criterios de evaluación

##### 4.1.2.1. Estudios de Suelo

###### a. Datos extraídos in situ

###### ➤ Calicatas de Exploración

Se realizó la excavación de calicatas en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu para la extracción de muestras que servirán para los ensayos de laboratorio.

Cuadro N° 10. Ubicación de calicatas según las quebradas de estudio

QUEBRADA	DESCRIP.	UBICACIÓN			PROF. (m)	N° MUESTRAS
		N	E	Z		
Chaquipa	C-1	8839507	334024	3319	2.00	2
	C-2	8839487	334071	3339	1.50	2
	C-7	8839495	334037	3339	Ext.	1
	PE-01	8839068	333961	3603	Ext.	1
	PE-02	8839171	334139	3593	Ext.	1
Maranchacra	C-3	8839464	334180	3341	1.20	1
	C-4	8839424	334357	3364	1.70	2
Machgyacu	C-5	8839435	334521	3374	1.60	2
	C-6	8839408	334581	3399	1.55	2

Fuente: Elaboración Propia.



Ilustración N° 32. Ubicación de las calicatas en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu

Fuente: Elaboración Propia, Google Earth.

➤ *Densidad de Campo con Cono de Arena*

Se realizó la densidad de campo en las calicatas C-1, C-4 y C-5 para obtener datos que serán aplicados en los ensayos de laboratorio. Cada calicata representa a la quebrada de estudio tales como: C-1 corresponde a la quebrada Chaquipa, C-4 corresponde a la quebrada Maranchacra y C-5 corresponde a la quebrada Machgyacu.

*Cuadro N° 11. Datos y cálculo de la densidad de campo de cada calicata*

N°	DATOS	Und.	Op.	C-1	C-4	C-5
1	Peso de frasco + arena	g		6661	6601	6640
2	Peso de frasco + arena que queda	g		3703	3762	3865
3	Peso de arena empleada	g	1-2	2958	2839	2775
4	Peso de arena en el Cono	g		1470	1470	1470
5	Peso de arena en el hoyo	g	3-4	1488	1369	1305
6	Peso unitario de la arena	g/cm <sup>3</sup>		1.37	1.37	1.37
7	Volumen del hoyo	cm <sup>3</sup>	5/6	1086.13	999.27	952.55
8	Peso del recipiente + suelo húmedo	g		1871	1726	1554
9	Peso del recipiente	g		0	0	0
10	Peso del suelo húmedo	g	8-9	1871	1726	1554
11	Peso esp. suelo extraído (hoyo) (g)	g/cm <sup>3</sup>	10/7	1.723	1.727	1.631
		Kg/m <sup>3</sup>		1722.628	1727.261	1631.402

Fuente: Elaboración Propia.

***b. Datos de Ensayos de Laboratorio***

➤ *Análisis Granulométrico*

Para el ensayo de análisis granulométrico se efectuó según la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.128, donde se realizó el ensayo por tamizado.

*Cuadro N° 12. Datos de análisis granulométrico por tamizado*

IDENTIFICACIÓN		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO % QUE PASAN LAS MALLAS					PESO (gr.)*		
CALICATA	MUESTRA	¾"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	GRAVA	ARENA	FRACC. < N° 4
C-1	M-1	83.62	74.57	69.72	58.87	32.85	2543	7457	2542.79

	M-2	49.08	31.83	24.97	14.29	4.23	6817	3183	6817.13
C-2	M-1	83.68	69.29	63.18	50.89	31.97	3071	6929	3070.53
	M-2	94.31	80.51	72.59	59.45	39.09	1949	8051	1948.82
C-3	M-1	96.47	83.14	78.75	61.99	36.45	1686	8314	1685.53
C-4	M-1	92.46	79.89	76.41	63.32	29.24	2011	7989	2011.00
	M-2	62.41	51.50	49.89	42.75	21.09	4850	5150	4850.16
C-5	M-1	94.22	86.24	82.77	69.21	33.12	1376	8624	1376.03
	M-2	98.31	84.94	80.73	68.26	40.15	1506	8494	1505.94
C-6	M-1	95.90	82.02	77.08	68.66	45.24	1798	8202	1797.87
	M-2	96.93	87.83	82.52	70.10	39.43	1217	8783	1217.27
C-7	M-1	65.97	47.48	45.05	39.29	11.07	5252	4748	5251.83
PE-01	Q-1	65.97	47.62	42.83	38.56	13.25	5238	4762	5237.65
PE-02	Q-2	86.05	59.56	53.61	44.91	31.47	4044	5956	4043.52

Fuente: Elaboración Propia.

(\*) Peso (gr.), el peso total de la muestra para el tamizado fue de 10 000 gr.

➤ *Humedad Natural y Límites de Consistencia*

Para los valores de la Determinación de Humedad Natural se aplicó la NTP 339.127 y para los Límites de Consistencia la NTP 339.129.

Cuadro N° 13. Datos de humedad natural y límites de consistencia

IDENTIFICACIÓN		HUMEDAD NATURAL (%)	LÍMITES DE CONSISTENCIA		
CALICATA	MUESTRA		LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)
C-1	M-1	3.80	23	20	3
	M-2	3.28	-	N. P.	-
C-2	M-1	6.12	30	25	5
	M-2	7.20	25	23	2
C-3	M-1	4.93	22	17	5
C-4	M-1	3.95	21	18	3
	M-2	3.60	20	18	2
C-5	M-1	6.92	23	19	4
	M-2	8.20	18	16	2
C-6	M-1	5.77	21	16	5
	M-2	5.61	21	16	5
C-7	M-1	2.61	24	20	4

PE-01	Q-1	3.76	-	N. P.	-
PE-02	Q-2	4.70	23	18	5

Fuente: Elaboración Propia.

➤ *Clasificación de Suelos SUCS*

Para la Clasificación de Suelos se aplicó la NTP 339.134

Cuadro N° 14. Clasificación de suelos S. U. C. S.

IDENTIFICACIÓN		% PASANTES MALLA		CLASIFICACIÓN SUCS	
CALIC.	MUESTRA	N° 4	N° 200	SÍMBOLO	NOMBRE
C- 1	M-1	74.54	32.85	SC	Arena arcillosa con grava
	M-2	31.83	4.23	GP	Grava mal graduada con arena
C-2	M-1	69.29	31.97	SM	Arena limosa con grava
	M-2	80.51	39.09	SM	Arena limosa con grava
C-3	M-1	83.14	36.45	SC	Arena arcillosa con grava
C-4	M-1	79.89	29.64	SC	Arena arcillosa con grava
	M-2	51.50	21.09	GC	Grava arcillosa con arena
C-5	M-1	86.24	33.12	SC	Arena arcillosa
	M-2	84.94	40.15	SC	Arena arcillosa con grava
C-6	M-1	82.02	45.24	SC	Arena arcillosa con grava
	M-2	87.83	39.43	SC	Arena arcillosa
C-7	M-1	47.48	11.07	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla y arena
PE-01	Q-1	47.62	13.25	GM-GC	Grava limosa con arena
PE-02	Q-2	59.56	31.47	GC	Grava arcillosa con arena

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

Cc: Coeficiente de Curvatura

Cu: Coeficiente de Uniformidad

➤ *Corte Directo*

Para este ensayo se aplicó el Método de Corte Directo bajo condiciones consolidadas no drenadas según la NTP 339.171, teniendo por resultado el siguiente cuadro:

Cuadro N° 15. Corte directo bajo condiciones consolidados no drenadas

IDENTIFICACIÓN		PESO SUELO (gr.)	HUMEDAD (%)	C (KN/m2)	$\Phi$ (grados)
CALICATA	MUESTRA				
C-1	M-2	133.84	3.3	2.180	18.8
C-4	M-2	134.15	3.6	4.953	17.4
C-5	M-2	126.69	8.2	5.286	13.8

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

C: Cohesión

$\Phi$ : Ángulo de Fricción

#### 4.1.2.2. Cálculo de caudal – Método Racional Modificado

Para el cálculo del caudal máximo de diseño se utilizó el Método Racional Modificado, para los valores de la Precipitación máxima diaria se obtuvo de la página del SENAMHI y para el Número de Curva se utilizó una tabla mencionada en el Ítem 2.2.3.1 según el tipo de suelo de las quebradas.

Cuadro N° 16. Precipitaciones máximas del mes de marzo del 2017 de la estación meteorológica de Yanahuanca

Estación : YANAHUANCA				
Departamento : PASCO		Provincia : DANIEL ALCIDES CARRION		Distrito : YANAHUANCA
Latitud : 10°29'22.57"		Longitud : 76°30'46.48"		Altitud : 3137 msnm.
Tipo : CO - Meteorológica		Código : 110007		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (m m/día)
	MAX	MIN		TOTAL
01/03/2017	22.2	6.2	69.7	0
02/03/2017	21.1	6.1	69.8	11.9
03/03/2017	21.4	5.9	69.2	10.8
04/03/2017	20.6	7.1	74.3	8.9
05/03/2017	22.7	6	69.5	0
06/03/2017	22.1	5.6	70.8	0
07/03/2017	20.6	5.9	70.2	13.3
08/03/2017	17.9	5.6	75.2	16.8
09/03/2017	22.5	5.4	69.4	30
10/03/2017	22.8	5.5	70.2	14.4
11/03/2017	21.3	5.8	75.2	19.9
12/03/2017	17.8	6	77	4.9
13/03/2017	23.1	6.4	68.8	17.7
14/03/2017	18.1	5.6	79.8	0
15/03/2017	18	5.2	75.9	0
16/03/2017	17.7	5.9	77.6	9.8
17/03/2017	17.9	5.8	77.9	7.1
18/03/2017	23.1	6	73.2	8.1
19/03/2017	22.3	5.6	72.2	8.8
20/03/2017	17.9	5.7	78.1	0
21/03/2017	23.2	6.4	72.9	0
22/03/2017	21.9	6	69.6	0
23/03/2017	20.8	6.8	77.2	19.5
24/03/2017	21.9	5.8	72.7	20.1
25/03/2017	20.3	6.3	77.8	12.8
26/03/2017	20.2	6	74.8	13.9
27/03/2017	18.1	6.3	76.7	16.5
28/03/2017	21.6	6.1	71.4	0
29/03/2017	17.8	6.5	78.7	9.9
30/03/2017	17.1	6	76.4	0
31/03/2017	17.8	5.8	76.3	7.9

Fuente: (SENAMHI / DRD)

Cuadro N° 17. Elección del Número de Curva de escorrentía

Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, sub-urbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a = 0.2S$ )				
Descripción del uso de la tierra	Grupo hidrológico del suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada <sup>1</sup> : sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena <sup>2</sup>	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial <sup>3</sup> :				

Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

Con los datos obtenidos se realizó el siguiente cuadro para determinar el caudal máximo que se utilizara para el diseño de los diques, quedando de esta manera:

Cuadro N° 18. Desarrollo del Método Racional Modificado para el resultado del Caudal Máximo

DATOS		QUEBRADAS			
		CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU	
Área de la quebrada	A (m <sup>2</sup> )	1,499,408.12	223,997.64	761,659.97	
	A (km <sup>2</sup> )	1.499	0.224	0.762	
Longitud del cuace de la quebrada	L (m)	2641.88	985.88	1316.63	
	L (km)	2.642	0.986	1.317	
Cota superior	CS (m)	4131.02	3784.23	3847.26	
Cota inferior	CI (m)	3195.35	3184.92	3197.01	
Pendiente media del cauce	S (m/m)	0.354	0.608	0.494	
Precipitación máxima diaria	Pd (mm)	30.000	30.000	30.000	
Número de curva	CN	79	79	79	
<b>A. Tiempo de concentración</b>	$T_c = 0.3 \left( \frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$	<b>T<sub>c</sub> (hr)</b>	0.765	0.326	0.423
<b>B. Coeficiente de Uniformidad</b>	$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$	<b>K</b>	1.049	1.017	1.024
<b>C. Coeficiente de Simultaneidad o Factor Reductor</b>	$K_A = 1 - \left( \frac{\log_{10} A}{15} \right)$	<b>K<sub>A</sub></b>	0.988	1.043	1.008
<b>D. precipitación Máxima corregida sobre la cuenca</b>	$P = K_A \times Pd$	<b>P</b>	29.648	31.300	30.236
<b>E. Intensidad de Precipitación</b>	$I = \left( \frac{P}{24} \right) \times 11^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$	<b>I</b>	15.956	27.277	22.852
<b>F. Coeficiente de Escorrentía</b>	$C = \frac{(Pd - Po) \times [Pd + (23 \times Po)]}{[Pd + (11 \times Po)]^2}$	<b>C</b>	0.181	0.181	0.181
Umbral de escorrentía	$Po = \frac{5000}{CN} - 50$	<b>Po</b>	13.291	13.291	13.291
<b>CAUDAL MÁXIMA DE DISEÑO</b>	<b>Q = 0.278CIAK</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>1.260</b>	<b>0.312</b>	<b>0.895</b>

Fuente: (Elaboración Propia)

El caudal para cada quebrada es diferente, la quebrada Chaquipa tiene mayor caudal que las quebradas Maranchacra y Machgyacu.

Para la primera evaluación de los diques de control tenemos el valor del caudal máximo en condiciones normales, dicho valor nos ayudará para el cálculo del caudal del flujo (huayco).

Si queremos conocer la funcionalidad de los diques de control en diferentes caudales para diferentes periodos de retorno tenemos que tener en consideración el concepto de Suárez Días (2009) donde menciona que “los flujos de residuos ocurren en una cuenca con intervalos de retorno entre 5 y 50 años y en algunos casos, hasta de 500 años” (pág. 195).

Cuadro N° 19. Periodos de retorno del caudal de 5, 50 y 500 años

QUEBRADA	PARÁMETRO	UNIDAD	PERIODO DE RETORNO		
			5 años	50 años	500 años
Chaquipa	Caudal Pico	m <sup>3</sup> /s	2	3.6	5.9
Maranchracra	Caudal Pico	m <sup>3</sup> /s	0.3	0.6	0.9
Machgyacu	Caudal Pico	m <sup>3</sup> /s	1.1	1.9	3.1

Fuente: (Adaptado de Raráz Janampa, 2020)

Se tendrá en consideración los valores de 5 y 50 años y se obviara los 500 años debido que los diques de gavión y mampostería tienen una vida útil de 50 años.

#### 4.1.2.3. Hidráulica de Flujo de Escombros

Para el cálculo de la concentración de sedimentos, utilizaremos el siguiente cuadro:

Cuadro N° 20. Clasificación del volumen del flujo, Concentración de sedimentos

Descripción del Tipo de Flujo	Concentración de sedimentos		Características del Flujo
	En Volumen	En Peso	
Deslizamientos	0,65 – 0,80	0,83 – 0,91	No hay flujo; falla por deslizamiento de bloques
	0,55 – 0,65	0,76 – 0,83	Derrumbe de bloques con deformación interna durante el deslizamiento, movimiento paulatino del terreno antes de fallar.
Flujos de lodo	0,48 – 0,55	0,72 – 0,76	Flujo evidente; deslizamiento lento sostenido por el flujo de lodo; deformación plástica bajo su propio peso; cohesivo; no se expande en la superficie.
	0,45 – 0,48	0,69 – 0,72	Flujo se extiende sobre la superficie; flujo cohesivo; algo de mezcla.
Inundación de lodo	0,40 – 0,45	0,65 – 0,69	El flujo se mezcla fácilmente; muestra las propiedades fluidas en la deformación; distribuido en la superficie horizontal pero mantiene una superficie fluida inclinada; partículas grandes se depositan (peñones); aparecen ondas pero se disipan rápidamente.
	0,35 – 0,40	0,59 – 0,65	Deposición marcada de gravas y cantos rodados; se expande casi completamente sobre la superficie horizontal; aparece la superficie líquida con dos fases del fluido; las olas viajan en la superficie.
	0,30 – 0,35	0,54 – 0,59	Separación del agua en la superficie; las olas viajan fácilmente; la mayoría de las arenas y gravas se han sedimentado y se mueven como arrastre de fondo
	0,20 – 0,30	0,41 – 0,54	Se distinguen claramente las olas y ondas; todas las partículas descansando en el fondo en condición inmóvil.
Inundación de agua	< 0,20	< 0,41	Inundación de agua con carga suspendida convencional y arrastre de fondo.

Fuente: (Arancibia S., 2018)

El valor del volumen fue seleccionado según el tipo de flujo que pertenecen los huaycos y según las características del flujo dando como resultado (Cv) de 0.450.

Cuadro N° 21. Selección de densidad de los sólidos

Flujo	Concentración de sedimentos	Densidad de los sólidos (g/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo cortante de fluencia (dinas/cm <sup>2</sup> )	Tipo de fluido
Flujo Torrencial (Water Flood)	1-40% en peso 0.4-20% en Volumen	1.01-1.33	0-100	Newtoniano
Flujo Superconcentrado (Hyperconcentrated Flow)	40-70% en peso 20-47% en Volumen	1.33-1.80	100-400	No-Newtoniano?
Huayco (Debris Flow)	70-90% en peso 47-77% en Volumen	1.80-2.30	>400	Viscoplastico?

Fuente: (Diaz-Onofre, 2003)

El valor de la densidad de los sólidos ( $\sigma$ ) se tomará 1.80 para los huaycos para el cálculo de la densidad del flujo.

Teniendo en cuenta que se trata de un suelo con presencia de arcillas el valor que tomará  $C^*$  es 0.65.

Cuadro N° 22. Hidráulica de flujo de escombros. Cálculo de la densidad del flujo

FÓRMULAS APLICATIVOS			QUEBRADAS		
			CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
A. Concentración de Sedimentos	(uso de tabla Cv)	Cv	0.450	0.450	0.450
B. Volumen de Agua	$Va = Q \times Tc$	Va (m <sup>3</sup> )	3468.100	366.609	1362.196
C. Volumen de Sedimentos	$Vs = \frac{Cv \times Va}{1 - Cv}$	Vs (m <sup>3</sup> )	2837.537	299.953	1114.524
D. Caudal total del Flujo	$Qd = Qo \times \frac{C^*}{C^* - Cd}$	Qd (m <sup>3</sup> /s)	4.095	1.015	2.909
E. Velocidad de Flujo	$V = 2.11 \times Q^{0.33} \times S^{0.33}$	V (m/s)	2.385	1.799	2.378
F. Densidad de Flujo	$Qt = \left[ \left( 1 + \frac{Vs}{Va} \right) + \frac{(\rho - 1)}{(\sigma - \rho)} \right] \times Ql$	$\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	1.471	1.471	1.471

Fuente: (Elaboración Propia)

El resultado de la densidad de flujo es similar en cada quebrada, en cambio los valores del caudal total del flujo son diferentes en cada quebrada, dichos datos serán utilizados para el diseño y evaluación de los diques de control.

Con los valores del caudal máximo de las quebradas de la tabla 19, realizamos los siguientes cálculos de hidráulica de flujo de escombros de 5 y 50 años para el valor de la densidad quedando de la siguiente manera:

Cuadro N° 23. Hidráulica de flujo de escombros para periodo de retorno de 5 años

<b>HIDRAÚLICA DE FLUJO DE ESCOMBROS --- 5 AÑOS</b>					
CAUDAL MÁXIMA DE DISEÑO (*)	5 años	Q5	2	0.3	1.1
A. Concentración de Sedimentos	(uso de cuadro Cv)	Cv	0.450	0.450	0.450
B. Volumen de Agua	$Va = Q \times Tc$	Va (m3)	5505.007	352.309	1674.255
C. Volumen de Sedimentos	$Vs = \frac{Cv \times Va}{1 - Cv}$	Vs (m3)	4504.097	288.253	1369.845
D. Caudal total del Flujo	$Qd = Qo \times \frac{C^*}{C^* - Cd}$	Qd (m3/s)	6.500	0.975	3.575
E. Velocidad de Flujo	$V = 2.11 \times Q^{0.33} \times S^{0.33}$	V (m/s)	2.778	1.775	2.545
F. Densidad de Flujo	$Qt = \left[ \left( 1 + \frac{Vs}{Va} \right) + \frac{(\rho - 1)}{(\sigma - \rho)} \right] \times Ql$	$\rho$ (t/m3)	<b>1.471</b>	<b>1.471</b>	<b>1.471</b>

Fuente: (Elaboración Propia)

Cuadro N° 24. Hidráulica de flujo de escombros para periodo de retorno de 50 años

<b>HIDRAÚLICA DE FLUJO DE ESCOMBROS --- 50 AÑOS</b>					
CAUDAL MÁXIMA DE DISEÑO (*)	50 años	Q50	3.6	0.6	1.9
A. Concentración de Sedimentos	(uso de cuadro Cv)	Cv	0.450	0.450	0.450
B. Volumen de Agua	$Va = Q \times Tc$	Va (m3)	9909.012	704.619	2891.896
C. Volumen de Sedimentos	$Vs = \frac{Cv \times Va}{1 - Cv}$	Vs (m3)	8107.374	576.506	2366.097
D. Caudal total del Flujo	$Qd = Qo \times \frac{C^*}{C^* - Cd}$	Qd (m3/s)	11.700	1.950	6.175
E. Velocidad de Flujo	$V = 2.11 \times Q^{0.33} \times S^{0.33}$	V (m/s)	3.373	2.232	3.048
F. Densidad de Flujo	$Qt = \left[ \left( 1 + \frac{Vs}{Va} \right) + \frac{(\rho - 1)}{(\sigma - \rho)} \right] \times Ql$	$\rho$ (t/m3)	<b>1.471</b>	<b>1.471</b>	<b>1.471</b>

Fuente: (Elaboración Propia)

Con los valores calculados de caudal total y densidad de flujo diseñaremos los diques de control para su evaluación respectiva.

#### 4.1.2.4. Cálculo de cantidad de diques de control

Para la cantidad de diques calculamos las pendientes de cada quebrada quedando de esta manera:

Cuadro N° 25. Pendientes de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu

PENDIENTES DE LAS QUEBRADAS					
CHAQUIPA		MARANCHACRA		MACHGYACU	
PROGRESIVAS	PENDIENTES	PROGRESIVAS	PENDIENTES	PROGRESIVAS	PENDIENTES
0+000	26.84%	0+000	37.68%	0+000	50.83%
0+060	74.72%	0+040	22.08%	0+040	63.22%
0+100	35.25%	0+060	50.80%	0+060	34.50%
0+120	122.68%	0+100	51.03%	0+100	64.06%
0+140	51.94%	0+140	63.82%	0+140	50.88%
0+220	37.07%	0+180	73.09%	0+180	51.12%
0+280	48.69%	0+220	37.89%	0+240	48.60%
0+340	33.92%	0+280	58.04%	0+280	25.87%
0+400	40.61%	0+320	20.68%	0+360	44.15%
0+440	55.36%	0+340	41.37%	0+400	37.86%
0+520	83.89%	0+360	49.91%	0+440	44.84%
0+580	86.33%	0+420	79.34%	0+520	38.87%
0+600	61.55%	0+460	184.61%	0+600	53.05%
0+660	50.06%	0+500	80.79%	0+660	18.43%
0+680	78.86%	0+580	67.87%	0+700	134.28%
0+700	65.05%	0+680	53.20%	0+720	126.47%
0+740	56.88%	0+780	76.32%	0+760	115.93%
0+800	47.27%	0+820	55.09%	0+820	117.62%
0+820	69.20%	0+880	70.31%	0+840	67.72%
0+840	77.21%	0+920	85.61%	0+880	48.56%
0+880	68.44%	0+940	12.90%	0+920	70.19%
0+920	98.57%			0+960	51.68%
0+960	41.36%			01+020	85.87%
01+040	24.62%			01+060	3.32%
01+100	36.90%			01+140	16.80%
01+160	28.90%			01+200	10.11%
01+240	28.70%			01+260	5.39%
01+300	7.02%			01+300	24.25%
01+340	24.19%				
01+380	33.89%				
01+460	33.13%				
01+500	28.96%				
01+520	15.15%				
01+600	12.10%				
01+700	2.73%				
01+740	14.37%				

01+800	15.84%				
01+920	15.02%				
01+980	15.38%				
02+020	22.70%				
02+060	34.43%				
02+100	43.63%				
02+160	42.70%				
02+200	16.62%				
02+260	2.65%				
02+300	21.79%				
02+340	1.27%				
02+360	14.11%				
02+440	14.52%				
02+500	32.22%				
02+540	17.65%				
02+580	17.89%				
<b>PROMEDIO</b>	<b>39%</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>61%</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>54%</b>
<b>COTA INICIAL</b>	3195.35	<b>COTA INICIAL</b>	3184.92	<b>COTA INICIAL</b>	3197.01
<b>COTA FINAL</b>	4131.02	<b>COTA FINAL</b>	3794.23	<b>COTA FINAL</b>	3847.26
<b>LONGITUD</b>	2641.88	<b>LONGITUD</b>	985.88	<b>LONGITUD</b>	1316.63

Fuente: Elaboración Propia

Después de hallar el promedio de pendiente de las quebradas, realizaremos el cálculo correspondiente para la cantidad de diques y su distancia. Diseñaremos dos tipos de diques, la primera será de 2.00 m. de altura y el segundo de 3.00 m. para los casos de diques gavión y mampostería.

Cuadro N° 26. Cálculo de cantidad y separación de diques en las quebradas

DATOS		QUEBRADAS			
		CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU	
Diferencia entre cotas de la zona	H (m):	935.67	609.31	650.25	
Distancia entre cotas de la parte a regularizar	L (m):	2641.88	985.88	1316.63	
<b>Pendiente de compensación</b>					
Tipo de suelo		Arenas gruesas + grava	sedimentos textura media	Arenas gruesas + grava	
Valor Ps	Ps (%):	0.02	0.01	0.02	
Pendiente proyectada (Pc-Ps)	i (%):	0.37	0.60	0.52	
H/L	l:	0.354	0.618	0.494	
Altura efectiva del dique (2.00 m.)	h <sub>2</sub> (m):	2.00	2.00	2.00	
Altura efectiva del dique (3.00 m.)	h <sub>3</sub> (m):	3.00	3.00	3.00	
<b>Altura efectiva del dique (2.00 m.)</b>	Cantidad de diques: $N = \frac{H-L \cdot i}{h_2}$	<b>N :</b>	21.632	10.903	15.428
	Separación entre diques: $S = \frac{h_2}{l-i}$	<b>S :</b>	122.130	90.426	85.338
<b>Altura efectiva del dique (3.00 m.)</b>	Cantidad de diques: $N = \frac{H-L \cdot i}{h_3}$	<b>N :</b>	14.421	7.268	10.286
	Separación entre diques: $S = \frac{h_3}{l-i}$	<b>S :</b>	183.195	135.638	128.007

Fuente: Elaboración Propia

La distribución aproximada de los diques según las alturas de diseño sería en las siguientes progresivas:

Cuadro N° 27. Distribución de los diques en las quebradas según altura de diseño

CHAQUIPA			MARANCHACRA			MACHGYACU		
Según alturas de diques			Según alturas de diques			Según alturas de diques		
N°	2.00 m	3.00 m	N°	2.00 m	3.00 m	N°	2.00 m	3.00 m
1	0+000.00	0+060.00	1	0+000.00	0+052.19	1	0+000.00	0+011.85
2	0+110.98	0+195.24	2	0+053.62	0+130.05	2	0+011.86	0+115.28
3	0+244.00	0+390.32	3	0+153.87	0+274.36	3	0+076.05	0+290.67
4	0+388.52	0+552.64	4	0+230.08	0+407.74	4	0+180.00	0+409.11
5	0+488.00	0+738.51	5	0+344.76	0+547.96	5	0+290.39	0+527.15
6	0+615.65	0+970.96	6	0+448.62	0+706.71	6	0+357.78	0+656.97
7	0+738.51	01+091.37	7	0+597.84	0+837.50	7	0+454.72	0+843.64
8	0+855.28	01+273.94	8	0+706.72	0+935.92	8	0+527.15	0+909.92
9	0+976.00	01+446.16	9	0+837.49		9	0+626.09	01+024.01
10	01+091.49	01+732.31	10	0+900.00		10	0+680.07	01+152.01
11	01+210.19	02+007.76	11			11	0+843.64	01+300.00
12	01+346.77	02+292.41	12			12	0+909.99	
13	01+471.98	02+562.00	13			13	01+040.12	
14	01+586.00		14			14	01+124.59	
15	01+811.45		15			15	01+297.91	
16	01+937.64		16			16	01+360.00	
17	02+081.52		17			17		
18	02+220.01		18			18		
19	02+433.11		19			19		
20	02+590.19		20			20		
21			21			21		

Fuente: Elaboración Propia

Se tiene que tener en cuenta que el cálculo de la distribución de los diques no es de manera obligatoria en la ubicación, puede variar según las características topográficas.

#### 4.1.2.5. Diseño de diques de control

Se tendrá 4 diseños según el cálculo de la cantidad de diques de control. Los tipos serán de esta manera:

Cuadro N° 28. Tipos de diseño de diques

MATERIAL	TIPO	ALTURA
Gavión	DG - 2	2.00 m.
	DG - 3	3.00 m.
Mampostería	DM – 2	2.00 m.
	DM – 3	3.00 m.

Fuente: Elaboración Propia

##### a. Diques de Gavión

Para el diseño de los tipos DG-2 y DG-3 se realizaron los siguientes cálculos, pero para el ejemplo se presentará el diseño tipo DG – 2 con datos de la quebrada Chaquipa:

Cuadro N° 29. Datos para el diseño del dique de gavión

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA
Profundidad máxima		m	6.872
Altura efectiva de la presa	$h_2$	m	2.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_2$	m	4.000
Área total	$A_{total}$	$m^2$	1,499,408.116
Caudal máximo de diseño	$Q$	$m^3/s$	3.600
Ancho sección transversal		m	24.647
Coefficiente del vertedor	CV		1.450
Peso específico de la piedra	$\gamma_p$	$kg/m^3$	2,700.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	$kg/m^3$	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	$kg/m^3$	1,722.628
Bordo libre del vertedor	Hl	m	0.200
Coefficiente de rozamiento a piedra sobre piedra	$\mu$		0.750
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800
Cohesión	C	$KN/m^2$	2.18

Fuente: Elaboración Propia

✓ *Diseño del vertedor:*

$$Hd = \left[ \frac{Q_{\max}}{Cv \times L} \right]^{2/3} \rightarrow Hd = \left[ \frac{3.6}{1.45 \times 4} \right]^{2/3} \rightarrow Hd = 0.728 \text{ m}$$

Tomamos el valor de Hd = 0.75 m. para el diseño. Se utilizará gaviones de 1.00 m. de altura donde el bordo libre sería 0.25 m, lo cual es favorable debido que el mínimo valor es de 0.20 m.

✓ *Diseño de la colocación de los gaviones:*

Según la sección transversal, el dique gavión tendrá una altura total de 3.00 m. en el siguiente cuadro se observará la distribución de los gaviones:

Cuadro N° 30. Número, tamaño y volumen de gaviones

CHAQUIPA			Volumen proyectado	60.00
N° gav.	largo - ancho -altura	Volumen	Coefficiente de abundamiento	0.33
8.00	3.0x1.0x0.5	12.00	Volumen aparente	60x0.33 = 19.80
12.00	1.5x1.0x1.0	18.00	Volumen real (m³)	60+19.80 = 79.80
2.00	3.0x1.0x1.0	6.00		
12.00	2.0x1.0x1.0	24.00		
<b>34.00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>60.00</b>		

Fuente: Elaboración Propia

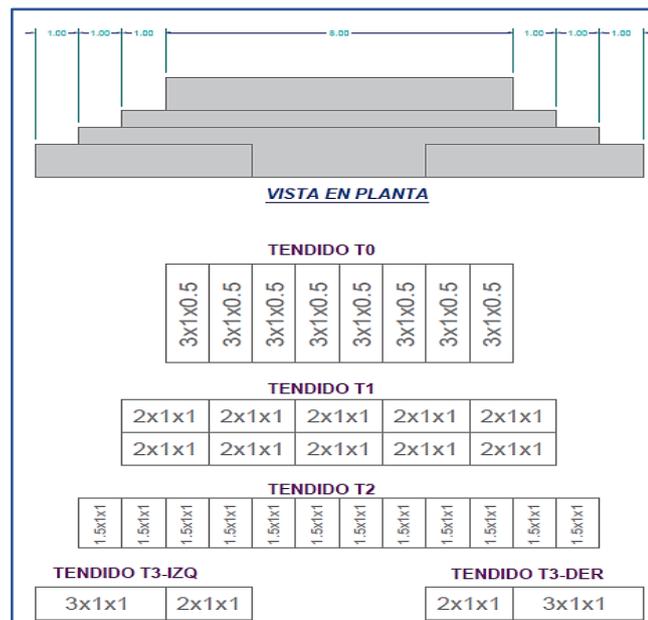


Ilustración N° 33. Vista en planta del tamaño y colocación de los gaviones

Fuente: Elaboración Propia

✓ *Determinación del centro de gravedad del dique:*

Obtenido los datos, calculamos el centro de gravedad según la sección de la quebrada Chaquipa.

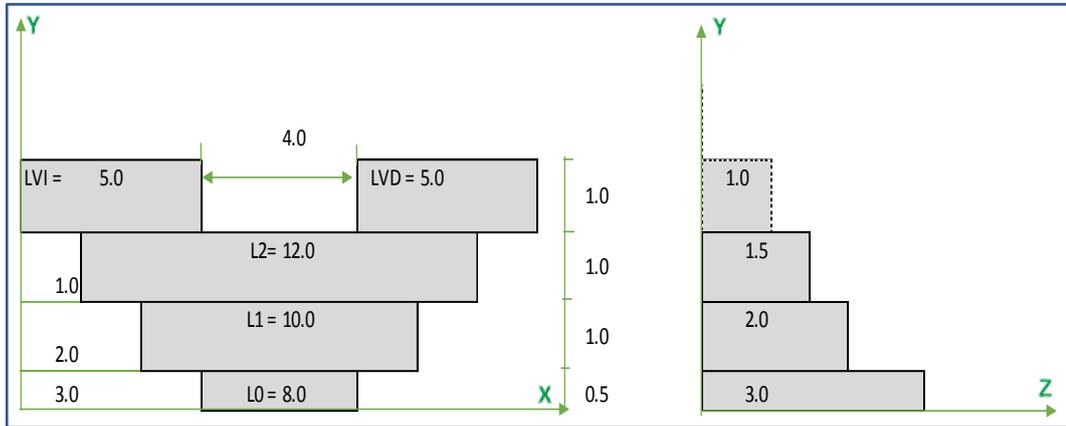


Ilustración N° 34. Vista frontal y de perfil de la sección crítica unitaria  
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 31. Determinación del centro de gravedad del dique

CHAQUIPA							
TENDIDO	V (m3)	X <sub>m</sub> (m)	Y <sub>m</sub> (m)	Z <sub>m</sub> (m)	V*X <sub>m</sub> (m)	V*Y <sub>m</sub> (m)	V*Z <sub>m</sub> (m)
<b>TVI</b>	5.00	2.50	3.00	0.50	12.50	15.00	2.50
<b>TVD</b>	5.00	11.50	3.00	0.50	57.50	15.00	2.50
<b>T2</b>	18.00	7.00	2.00	0.75	126.00	36.00	13.50
<b>T1</b>	20.00	7.00	1.00	1.00	140.00	20.00	20.00
<b>T0</b>	12.00	7.00	0.25	1.50	84.00	3.00	18.00
<b>Totales</b>	<b>60.00</b>				<b>420.00</b>	<b>89.00</b>	<b>56.50</b>

<b>X<sub>c</sub></b>	<b>7.00</b>
----------------------	-------------

<b>Y<sub>c</sub></b>	<b>1.48</b>
----------------------	-------------

<b>Z<sub>c</sub></b>	<b>0.94</b>
----------------------	-------------

Fuente: Elaboración Propia

✓ *Determinación del centro de gravedad del dique:*

Una vez obtenido el valor del centro de gravedad, determinamos la línea de acción del peso de la sección crítica unitaria del dique en la quebrada Chaquipa.

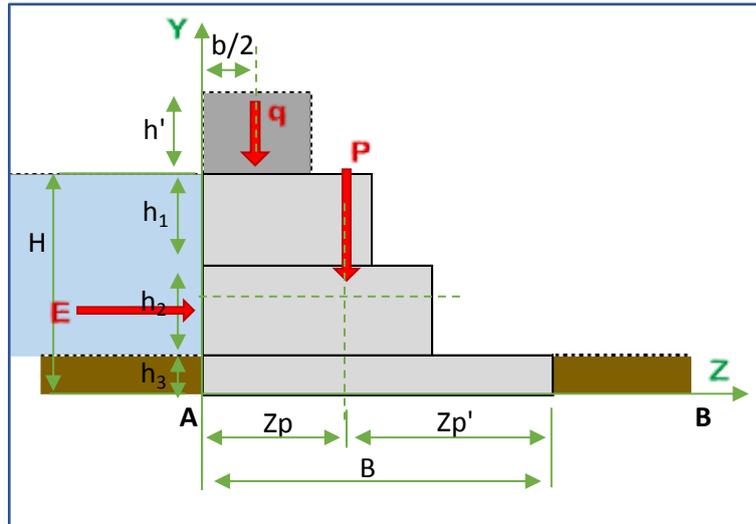


Ilustración N° 35. Perfil de la sección crítica unitaria

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 32. Determinación de la línea de acción del peso (P) de la sección crítica unitaria

CHAQUIPA					
TENDIDO	V (m3)	Y <sub>mcu</sub> (m)	Z <sub>mcu</sub> (m)	V*Y <sub>mcu</sub> (m)	V*Z <sub>mcu</sub> (m)
T2	1.50	2.00	0.75	3.00	1.13
T1	2.00	1.00	1.00	2.00	2.00
T0	1.50	0.25	1.50	0.38	2.25
<b>Total</b>	<b>5.00</b>			<b>5.38</b>	<b>5.38</b>

<b>Zp</b>	<b>1.08</b>
-----------	-------------

<b>Zp'</b>	<b>2.93</b>
------------	-------------

Fuente: Elaboración Propia

✓ Cálculo del peso de la lámina de agua vertiente (q):

$$q = h' \times b \times a \times w = 0.75 \times 1 \times 1 \times 1471.028$$

$$q = 1103.271 \text{ kg}$$

✓ Cálculo de la superficie de mojado (S)

$$S = h_2 \times a = 2 \times 1 \rightarrow S = 2.00 \text{ m}^2$$

✓ Cálculo del centro de gravedad de la superficie de mojado (h)

$$h = \frac{h_2}{2} = \frac{2.00}{2} \rightarrow h = 1.00 \text{ m}$$

✓ Cálculo del empuje hidrostático (P)

$$E = S \times h \times w = 2 \times 1 \times 1471.028 \rightarrow E = 2942.056 \text{ kg}$$

✓ Cálculo del peso de la sección crítica unitaria (P)

$$P = V_{SCU} \times \gamma_0 ; \gamma_0 = \gamma_P - w$$

$$P = 5 \times (2700.00 - 1471.028) \rightarrow P = 6144.860 \text{ kg}$$

✓ Cálculo de la condición del núcleo central

$$q(X_q) + P(X_p) + E(X_E) \leq \frac{2 \times (q + P) \times B}{3}$$

Cuadro N° 33. Cálculo de la sección crítica unitaria

	$X_q$	$X_p$	$X_E$	$Y'$
CHAQUIPA	0.5	1.08	1.2	1.17
MARANCHACRA	0.5	1.08	1.2	1.17
MACHGYACU	0.5	1.08	1.2	1.17

Fuente: Elaboración Propia

$$1103.271(0.5) + 6144.860(1.08) + 2942.056(1.17)$$

$$\leq \frac{2 \times (1103.271 + 6144.860) \times 3}{3}$$

$$10589.759 \leq 14496.262 \text{ ok}$$

Según la condición del núcleo central, cumple dicho cálculo.

✓ Cálculo de la condición de seguridad al deslizamiento

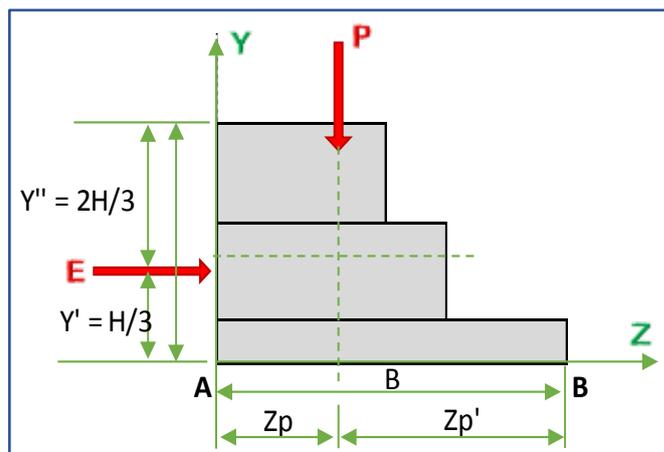


Ilustración N° 36. Sección crítica unitaria del dique

Fuente: Elaboración Propia

$$F.SD = (q + P) \times \mu \geq E$$

$$(1103.271 + 6144.860) \times 0.75 \geq 2942.056$$

$$5436.098 \geq 2942.056$$

Para  $\mu$  (coeficiente de rozamiento de piedra sobre piedra) se tomó el valor de 0.75.

Si utilizamos la condición F. DH (Factor de seguridad de deslizamiento)  $\geq 1.5$  aplicada para muros de contención y para la evaluación de los diques de mampostería, observaremos si cumple o no la condición.

$$F. DH = \frac{\sum Fv}{\sum Fh} \geq 1.5$$

$$F DH = \frac{5436.098}{2942.056} = 1.848 \geq 1.5 \quad OK$$

Observamos que cumple con la condición.

✓ *Cálculo de la condición de seguridad al volcamiento*

$$F. SV = \frac{MP_B}{ME_B} = \frac{P \times Zp'}{E \times Y'} \geq 1$$

$$\frac{6144.860 \times 2.925}{2942.056 \times 1.167} \geq 1 \rightarrow 5.236 \geq 1$$

Si utilizamos la condición F. SV (Factor de seguridad al volcamiento)  $\geq 1.5$  aplicada para muros de contención y para la evaluación de los diques de mampostería, observaremos si cumple o no la condición.

$$F. SV = \frac{\sum Mv}{\sum Mh} \geq 1.5$$

$$F. SV = 5.326 \geq 1.5 \quad OK$$

✓ *Análisis por capacidad de carga*

El análisis por capacidad de carga es guiado por el mismo análisis que se aplica en muros de contención.

$$q = \gamma_t \times D = 1722.628 \times 1.00 \rightarrow q = 1722.628$$

$$B' = B - 2e = 3 - (2 \times 0.365) \rightarrow B' = 2.269$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D}{B'} = 1 + \left(0.4 \times \frac{1}{2.269}\right) \rightarrow F_{cd} = 1.176$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi_t (1 - \sin \phi_t)^2 \frac{D}{B'}$$

$$= 1 + (2 \times \tan 18.8) \times (1 - \sin 18.8)^2 \times \frac{1}{2.269}$$

$$F_{qd} = 1.138$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$\varphi^\circ = \tan^{-1} \left( \frac{\sum H}{\sum V} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{2942.056}{5436.098} \right) \rightarrow \varphi^\circ = 28.423^\circ$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left( 1 - \frac{\varphi^\circ}{90^\circ} \right)^2 = \left( 1 - \frac{28.423^\circ}{90^\circ} \right)^2 \rightarrow F_{ci} = F_{qi} = 0.468$$

$$F_{\gamma i} = \left( 1 - \frac{\varphi^\circ}{\phi_t} \right)^2 = \left( 1 - \frac{28.423^\circ}{18.8^\circ} \right)^2 \rightarrow F_{\gamma i} = 0.262$$

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{\sum V}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right) = \frac{5436.098}{3} \left( 1 + \frac{6 \times 0.365}{3} \right) \rightarrow q_{m\acute{a}x}$$

$$= 1567.876$$

Para los factores de carga se utilizó la Tabla 7. Donde se realizó la interpolación para hallar los factores de ángulos no descritos en la tabla.

Cuadro N° 34. Factores de capacidad de carga de Terzaghi

Factores de capacidad de carga de Terzaghi			
$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5.14	1.00	0.00
1	5.38	1.09	0.07
2	5.63	1.20	0.15
3	5.90	1.31	0.24
4	6.19	1.43	0.34
5	6.49	1.57	0.45
6	6.81	1.72	0.57
7	7.16	1.88	0.71
8	7.53	2.06	0.86
9	7.92	2.25	1.03
10	8.35	2.47	1.22
11	8.80	2.71	1.44
12	9.28	2.97	1.69
13	9.81	3.26	1.97
14	10.37	3.59	2.29
15	10.98	3.94	2.65
16	11.63	4.34	3.06
17	12.34	4.77	3.53
18	13.10	5.26	4.07
19	13.93	5.80	4.68
20	14.83	6.40	5.39
21	15.82	7.07	6.20
22	16.88	7.82	7.13
23	18.05	8.66	8.20
24	19.32	9.60	9.44
25	20.72	10.66	10.88
26	22.25	11.85	12.54
27	23.94	13.20	14.47
28	25.80	14.72	16.72
29	27.86	16.44	19.34
30	30.14	18.40	22.40

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó una interpolación para hallar los valores de los factores de carga  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  según el ángulo de fricción de terreno. Este procedimiento se aplicará para todos los tipos de diseño de diques (gavión y mampostería).

Cuadro N° 35. Interpolación para factores de carga de la quebrada Chaquipa

QUEBRADA CHAQUIPA			$\phi$	18.8	
$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0)$	x, y	x	y	y	y
		$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_v$
Límite Inferior	0	18	13.1	5.26	4.07
Límite Superior	1	19	13.93	5.8	4.68
VALOR	X	18.8	13.764	5.692	4.558

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos obtenidos, reemplazamos los valores en la siguiente fórmula:

$$q_u = c_t N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_t B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q_u = (222.299 \times 13.764 \times 1.176 \times 0.468) + (1722.628 \times 5.692 \times 1.138 \times 0.468) + \frac{1}{2} (1722.628 \times 2.269 \times 4.558 \times 1 \times 0.262)$$

$$q_u = 9241.443 \text{ kg/m}^2$$

Determinamos el factor de seguridad por capacidad de carga de la siguiente manera:

$$FS. Cc = \frac{q_u}{q_{m\acute{a}x}} \geq 3 = \frac{9241.443}{1567.876}$$

$$FS. Cc = 5.894 \geq 3 \quad ok$$

Los cálculos fueron hechos sin considerar las fuerzas sísmicas. A continuación, se realizará el cálculo del empuje dinámico en el dique y se verificará los factores de seguridad en los diques.

✓ Cálculo de empuje dinámico – Método de Mononobe Okabe:

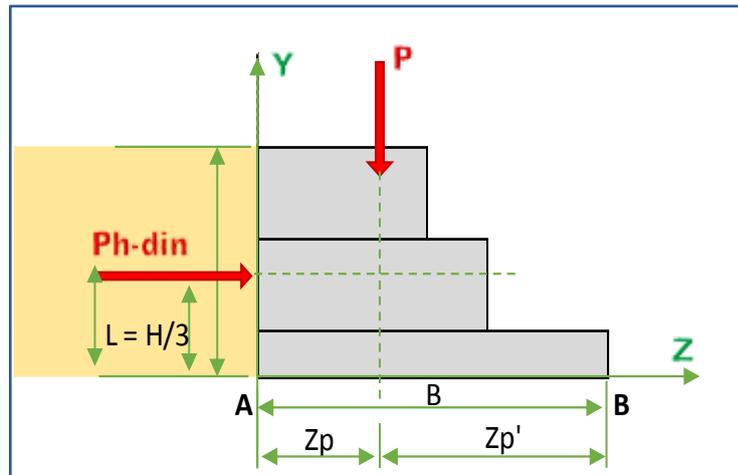


Ilustración N° 37. Aplicación de la fuerza sísmica en el dique gavión  
Fuente: Elaboración Propia

Coefficiente de aceleración horizontal ( $K_h$ ):

$$K_h = \frac{Z}{2} = \frac{0.35}{2} \rightarrow K_h = 0.175$$

Coefficiente de aceleración vertical ( $K_v$ ):

$$K_v = K_h \times \frac{2}{3} = 0.175 \times \frac{2}{3} \rightarrow k_v = 0.117$$

Ángulo sísmico ( $\eta$ ):

$$\eta = \tan^{-1} \left[ \frac{k_h}{1 - k_v} \right] = \tan^{-1} \left[ \frac{0.175}{1 - 0.117} \right] \rightarrow \eta = 11.206$$

Coefficiente de presión de tierra activa dinámico  $K_{ae}$ :

Consideramos a  $\delta = 0$ , porque el esfuerzo actúa directamente en la cara del dique sin formar un ángulo de fricción, por tal motivo la presión  $Ph$  es también normal a la cara del dique. Respecto a  $\beta = 0$  porque no forma un ángulo de inclinación al depositarse en el dique. Y el ángulo del respaldo será  $\theta = 90$ .

$$K_{ae} = \frac{\sin(\theta + \eta - \phi)^2}{\cos(\eta) \sin(\theta)^2 \sin(\delta + \theta + \eta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \eta - \beta)}{\sin(\delta + \theta + \eta) \sin(\theta + \beta)}} \right]^2}$$

$$K_{ae} = \frac{\sin(90 + 11.206 - 18.80)^2}{\cos(11.206) \sin(90)^2 \sin(0 + 90 + 11.206) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(18.80 + 0) \sin(18.80 - 11.206 - 0)}{\sin(0 + 90 + 11.206) \sin(90 + 0)}} \right]^2}$$

$$K_{ae} = 0.699$$

Empuje total (Ph):

$$P_h = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - k_v) K_{ae} = \frac{1}{2} \times 1471.03 \times 2^2 (1 - 0.117) \times 0.699$$

$$P_h = 1817.383 \text{ kg}$$

Coefficiente de presión de tierra estático (Ka):

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - \sin 18.8}{1 + \sin 18.8} \rightarrow K_a = 0.513$$

Componente estático del empuje (Ph-est):

$$P_{h-est} = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a = \frac{1}{2} \times 1471.03 \times 2^2 \times 0.513$$

$$\rightarrow P_{h-est} = 1507.966 \text{ kg}$$

Componente dinámico del empuje (Ph-din):

$$P_{h-din} = P_h - P_{h-est} = 1817.383 - 1507.966$$

$$\rightarrow P_{h-din} = 309.417 \text{ kg}$$

Distancia sobre el fondo del dique:

$$L = \frac{H}{3} = \frac{2.00}{3} \rightarrow L = 0.667 \text{ m}$$

✓ Cálculo de la condición del núcleo central con fuerzas sísmicas

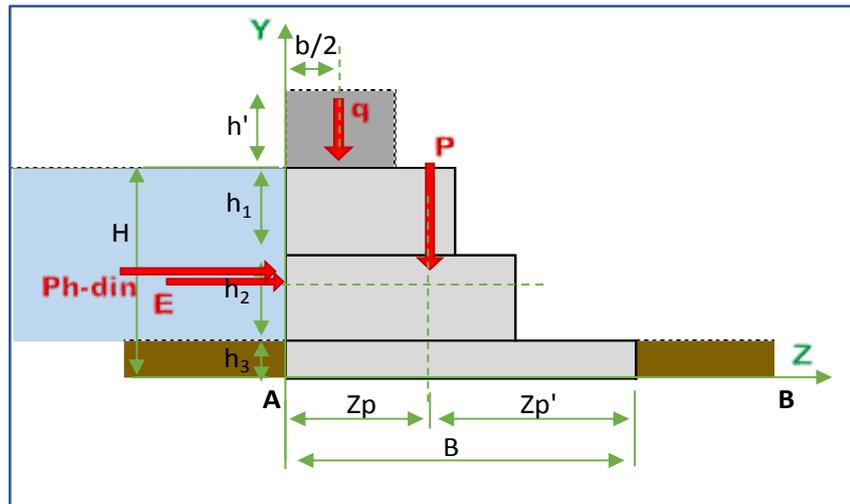


Ilustración N° 38. Sección crítica unitaria con fuerza sísmica

Fuente: Elaboración Propia

$$q(X_q) + P(X_p) + E(X_E) + Ph - din(X_L) \leq \frac{2 \times (q + P) \times B}{3}$$

$$1103.271(0.5) + 6144.860(1.08) + 2942.056(1.17)$$

$$+ 309.417(0.1.17) \leq \frac{2 \times (1103.271 + 6144.860) \times 3}{3}$$

$$10950.745 \leq 14,496.262 \quad \text{ok}$$

✓ Cálculo de la condición de seguridad al deslizamiento con fuerzas sísmicas

$$F.SD = (q + P) \times \mu \geq E + Ph - din$$

$$(1103.271 + 6144.860) \times 0.75 \geq 2942.056 + 309.417$$

$$5436.098 \geq 3251.473$$

Si utilizamos la condición **F. DH ≥ 1.5** aplicada para muros de contención y para la evaluación de los diques de mampostería, observaremos si cumple o no la condición.

$$F.DH = \frac{\sum Fv}{\sum Fh} \geq 1.5$$

$$F.DH = \frac{5436.098}{3251.473} = 1.672 \geq 1.5 \quad OK$$

Observamos que cumple con la condición.

- ✓ *Cálculo de la condición de seguridad al volcamiento con fuerzas sísmicas*

$$F.SV = \frac{MP_B}{ME_B} = \frac{P \times Zp'}{(E \times Y') + (P_{h-din} \times L)} \geq 1$$

$$\frac{6144.860 \times 2.925}{(2942.056 \times 1.167) + (309.417 \times 1.167)} \geq 1 \rightarrow 4.738 \geq 1$$

Si utilizamos la condición  $F.SV \geq 1.5$  aplicada para muros de contención y para la evaluación de los diques de mampostería, observaremos si cumple o no la condición.

$$F.SV = \frac{\sum Mv}{\sum Mh} \geq 1.5$$

$$F.SV = 4.738 \geq 1.5 \quad OK$$

- ✓ *Análisis por capacidad de carga con fuerzas sísmicas*

El análisis por capacidad de carga es guiado por el mismo análisis que se aplica en muros de contención.

$$q = \gamma_t \times D = 1722.628 \times 1.00 \rightarrow q = 1722.628$$

$$B' = B - 2e = 3 - (2 \times 0.378) \rightarrow B' = 2.245$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D}{B'} = 1 + \left(0.4 \times \frac{1}{2.245}\right) \rightarrow F_{cd} = 1.178$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi_t (1 - \sin \phi_t)^2 \frac{D}{B'}$$

$$= 1 + (2 \times \tan 18.8) \times (1 - \sin 18.8)^2 \times \frac{1}{2.245}$$

$$F_{qd} = 1.139$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$\varphi^\circ = \tan^{-1} \left( \frac{\sum H}{\sum V} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{3251.473}{5436.098} \right) \rightarrow \varphi^\circ = 30.885^\circ$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left( 1 - \frac{\varphi^\circ}{90^\circ} \right)^2 = \left( 1 - \frac{30.885^\circ}{90^\circ} \right)^2 \rightarrow F_{ci} = F_{qi} = 0.431$$

$$F_{\gamma i} = \left( 1 - \frac{\varphi^\circ}{\phi_t} \right)^2 = \left( 1 - \frac{30.885^\circ}{18.8^\circ} \right)^2 \rightarrow F_{\gamma i} = 0.413$$

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{\sum V}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right) = \frac{5436.098}{3} \left( 1 + \frac{6 \times 0.378}{3} \right) \rightarrow q_{m\acute{a}x}$$

$$= 1590.438$$

$$N_c = 13.764; N_q = 5.692; N_\gamma = 4.558$$

Reemplazamos los valores en la siguiente fórmula:

$$q_u = c_t N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_t B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q_u = 10016.088 \text{ kg/m}^2$$

Determinamos el factor de seguridad por capacidad de carga de la siguiente manera:

$$FS.Cc = \frac{q_u}{q_{m\acute{a}x}} \geq 3 = \frac{10016.088}{1590.438}$$

$$FS.Cc = 6.298 \geq 3 \quad ok$$

Se realizó la misma operación en hojas de cálculo Excel para el diseño del dique tipo DG-3 (altura efectiva de 3.00 m) para las quebradas Maranchacra y Machgyacu y para los diseños en condiciones normales y periodos de retorno de 5 y 50 años. Los diseños serán adjuntados en el Anexo N° 2 – DISEÑO DE DIQUES DE CONTROL.

**b. Diques de Mampostería**

Para el diseño de los tipos DM-2 y DM-3 se realizaron los siguientes cálculos, pero para el ejemplo se presentará el diseño tipo DM – 3 con datos de la quebrada Chaquipa:

Cuadro N° 36. Datos para el diseño del dique de gavión

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA
Profundidad máxima		m	6.872
Altura efectiva de la presa	$h_3$	m	3.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_3$	m	5.000
Área total	$A_{total}$	$m^2$	1,499,408.116
Caudal máximo de diseño	$Q$	$m^3/s$	3.600
Ancho sección transversal		m	24.647
Coefficiente del vertedor	CV		1.450
Peso específico de mampostería	$\gamma_m$	$kg/m^3$	2,300.000
Peso específico del agua con sedimentos	w	$kg/m^3$	1,800.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	$kg/m^3$	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	$kg/m^3$	1,722.628
Bordo libre del vertedor	Hl	m	0.200
Coefficiente de subpresión	K		0.333
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800
Cohesión	C	$KN/m^2$	2.18

Fuente: Elaboración Propia

Iniciamos calculando la cresta del vertedor y el ancho posible de la corona:

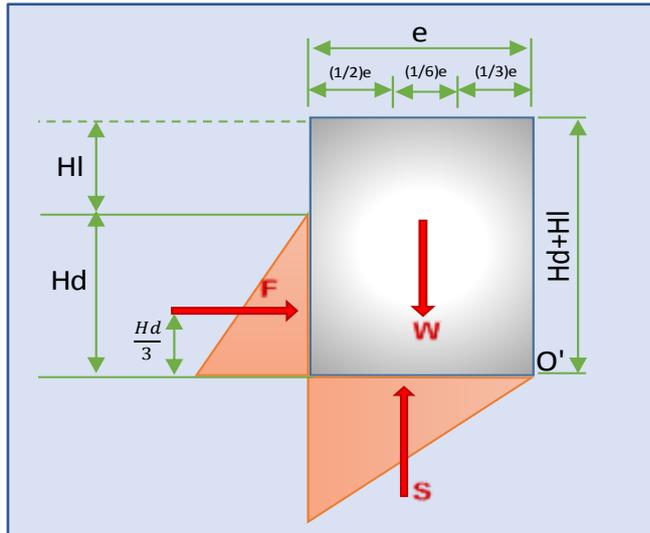


Ilustración N° 39. Diagrama de esfuerzos para determinar el ancho de corona  
Fuente: Elaboración Propia

✓ Carga sobre la cresta del vertedor

$$Hd = \left[ \frac{Q_{\text{máx}}}{Cv \times L} \right]^{2/3} \rightarrow Hd = \left[ \frac{3.6}{1.45 \times 5} \right]^{2/3} \rightarrow Hd = 0.627 \text{ m}$$

Tomamos el valor de  $Hd = 0.65 \text{ m}$ , para el diseño con un bordo libre (mínimo valor) de  $0.20 \text{ m}$ .

✓ Cálculo del ancho de la corona "e"

Para el diseño del dique de mampostería, debemos de tener en cuenta que la densidad de la mampostería depende del tipo de roca. Por tal motivo usaremos el valor de la piedra caliza que es de  $\gamma = 2300 \text{ kg/m}^3$ .

$$e = \sqrt{\frac{\omega(Hd)^3}{\gamma(Hd + Hl) - K\omega Hd}}$$

$$e = \sqrt{\frac{1800(0.65)^3}{2300(0.65 + 0.20) - 0.333 \times 1800 \times 0.65}} \rightarrow e = 0.562$$

Se tomará el valor de  $e = 0.50 \text{ m}$ , para el diseño de ancho de la corona

✓ Cálculo de la base de la presa "B"

$$Ht = h + Hd + Hl = 3.00 + 0.65 + 0.20 \rightarrow Ht = 3.85m$$

$$a = kw(h + Hd) - \gamma h \rightarrow a = -4710.00$$

$$b = \gamma e(3h + 4Ht) \rightarrow b = -7360.00$$

$$c = \gamma e^2(3Ht - 2h) + \omega(h + Hd)^3 \rightarrow c = 90720.075$$

$$B = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{-(-7680) \pm \sqrt{(-7680)^2 - 4(-5010 \times 90858.825)}}{2(-5010)}$$

$$B = 3.676 m$$

Se tiene el valor de la base de manera referencial, pero para el diseño se probará con una base mínima de 3.00 m de ancho para la evaluación.

✓ Análisis de la estabilidad de la presa

Calculamos el centro de gravedad:

Cuadro N° 37. Cálculo de centro de gravedad

CHAQUIPA			
	x	A	xA
<b>1</b>	0.25	1.50	0.38
<b>2</b>	1.33	3.75	5.00
<b>T</b>	1.58	5.25	5.38

X	<b>1.02</b>
---	-------------

Fuente: Elaboración Propia

Según la gráfica realizamos los siguientes cálculos:

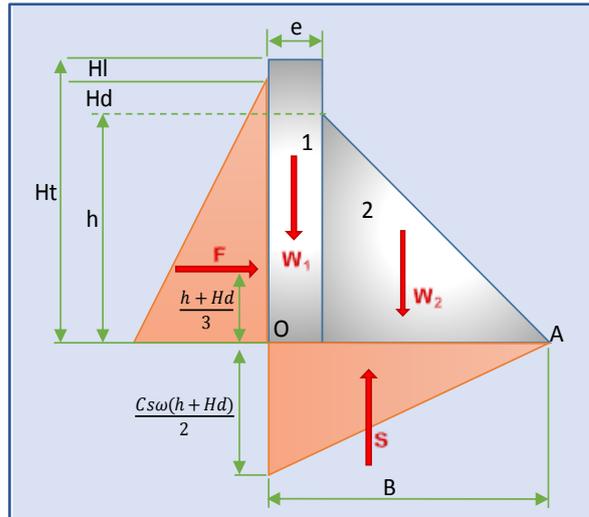


Ilustración N° 40. Fuerzas que actúan en un dique  
Fuente: Elaboración Propia

Peso de la presa de mampostería más el peso de la lámina vertiente:

$$W = (\gamma \times \sum A) + (Hd \times \gamma_{az})$$

$$= (2300 \times 5.25) + (1471.028 \times 0.65)$$

$$W = 13031.168 \text{ Kg/m}$$

Fuerza de empuje de los sedimentos (F):

$$F = \gamma_{az} \times \left(\frac{h^2}{2}\right) = 1471.028 \times \left(\frac{3^2}{2}\right) \rightarrow F = 6619.626 \text{ kg/m}$$

Subpresión del agua (S):

$$S = \frac{K\gamma_a h B}{2} = \frac{0.333 \times 1000 \times 3 \times 3}{2} \rightarrow S = 1500.00 \text{ kg/m}$$

Resultante Normal:

$$R_n = W - S = 13031.168 - 1500.00 \rightarrow R_n = 11531.168 \text{ kg/m}$$

$$z = \frac{W(B - X) - F\left(\frac{h}{3}\right) - S\left(2\frac{B}{3}\right)}{R_n}$$

$$z = \frac{13031.168(3 - 1.024) - 6619.626\left(\frac{3}{3}\right) - 1500\left(2 \times \frac{3}{3}\right)}{11531.168}$$

$$\rightarrow z = 1.399 \text{ m}$$

Cálculo de la excentricidad:

$$e_x = \frac{B}{2} - z = \frac{3}{2} - 1.399 \rightarrow e_x = 0.101$$

$$e_x < \frac{B}{6} \rightarrow 0.101 < 0.5 \text{ ok}$$

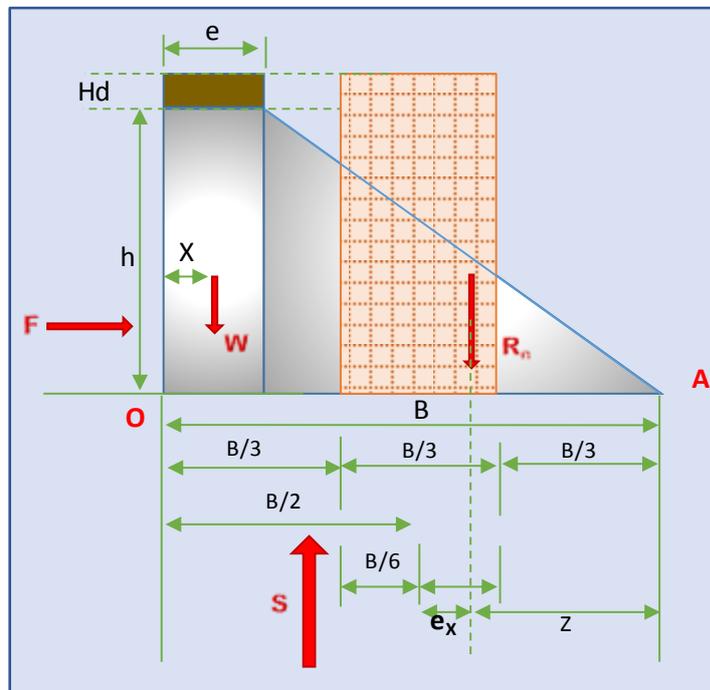


Ilustración N° 41. Fuerzas y dimensiones del dique – Excentricidad  
Fuente: Elaboración Propia

Calculamos las fuerzas y también los momentos respecto al punto A:

Cuadro N° 38. Cálculo de fuerza y momento de la base

CHAQUIPA			
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MOMEN. (kg-m)
<b>W<sub>1</sub></b>	3450.000	2.750	9487.500
<b>W<sub>2</sub></b>	8625.000	1.667	14375.000
<b>F</b>	6619.626	1.000	6619.626
<b>S</b>	1500.000	2.000	3000.000

Fuente: Elaboración Propia

✓ *Análisis por deslizamiento horizontal*

$$F.DH = \frac{\sum Fv}{\sum Fh} \geq 1.5$$

$$\frac{13031.168}{6619.626} \geq 1.5 \rightarrow 1.969 \geq 1.5 \text{ ok}$$

✓ *Análisis por volteo*

$$F.SV = \frac{\sum MR}{\sum MA} \geq 1.5$$

$$\frac{26862.500}{6619.626} \geq 1.5 \rightarrow 4.058 \geq 1.5 \text{ ok}$$

✓ *Análisis por capacidad de carga*

El análisis por capacidad de carga es guiado por el mismo análisis que se aplica en muros de contención.

$$q = \gamma_t \times D = 1722.628 \times 2.00 \rightarrow q = 3445.255$$

$$B' = B - 2e = 3 - (2 \times 0.101) \rightarrow B' = 2.798$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D}{B'} = 1 + \left(0.4 \times \frac{2}{2.798}\right) \rightarrow F_{cd} = 1.286$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi_t (1 - \sin \phi_t)^2 \frac{D}{B'} = 1 + (2 \times \tan 18.8) \times (1 - \sin 18.8)^2 \times \frac{2}{2.798}$$

$$F_{qd} = 1.224$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$\varphi^\circ = \tan^{-1} \left( \frac{\sum H}{\sum V} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{6619.626}{13031.168} \right) \rightarrow \varphi^\circ = 26.930^\circ$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left( 1 - \frac{\varphi^\circ}{90^\circ} \right)^2 = \left( 1 - \frac{26.930^\circ}{90^\circ} \right)^2 \rightarrow F_{ci} = F_{qi} = 0.491$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\varphi^\circ}{\phi_t}\right)^2 = \left(1 - \frac{26.930^\circ}{18.8^\circ}\right)^2 \rightarrow F_{\gamma i} = 0.187$$

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{\sum V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) = \frac{13031.168}{3} \left(1 + \frac{6 \times 0.101}{3}\right)$$

$$\rightarrow q_{m\acute{a}x} = 5220.899$$

$$N_c = 13.764; N_q = 5.692; N_\gamma = 4.558$$

Reemplazamos los valores en la siguiente fórmula:

$$q_u = c_t N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_t B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q_u = 15769.681 \text{ kg/m}^2$$

Determinamos el factor de seguridad por capacidad de carga de la siguiente manera:

$$FS.Cc = \frac{q_u}{q_{m\acute{a}x}} \geq 3 = \frac{15769.681}{5220.899}$$

$$FS.Cc = 3.020 \geq 3 \quad ok$$

✓ *Diseño del colchón amortiguador*

Calculamos el gasto unitario:

$$q = \frac{Q}{Bv} = \frac{3.6}{3} \rightarrow q = 1.2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Cálculo del tirante crítico:

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{1.2^2}{9.81}} \rightarrow d_c = 0.528 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad crítica:

$$h v_c = \frac{\left(\frac{q}{d_c}\right)^2}{2g} = \frac{\left(\frac{1.20}{0.528}\right)^2}{2 \times 9.81} \rightarrow h v_c = 0.264$$

Cálculo de:

$$z + d_c + h v_c = 3 + 0.528 + 0.264 = 3.791$$

Obtenemos valores por tanteos para obtener el conjugado menos  $d_1$ :

$$z + d_c + h v_c = d_1 + h v_1 \rightarrow d_1 = 0.317$$

$$v_1 = \frac{q}{d_1} = \frac{1.20}{0.317} \rightarrow v_1 = 3.785$$

$$h v_1 = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{3.785^2}{2 \times 9.81} \rightarrow h v_1 = 0.73$$

Cálculo del conjugado mayor  $d_2$  que es la altura de la superficie libre del agua:

$$d_2 = -\frac{d_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{d_1^2}{4}\right) + \left(\frac{2v_1^2 d_1}{g}\right)}$$

$$= -\frac{0.317}{2} + \sqrt{\left(\frac{0.317^2}{4}\right) + \left(\frac{2 \times 3.785^2 \times 0.317}{9.81}\right)} \rightarrow d_2 = 0.817$$

Cálculo de longitud del colchón hidráulico:

$$L_c = 5(d_2 - d_1) = 5(0.817 - 0.317) \rightarrow L_c = 2.5 \text{ m}$$

Cálculo de profundidad del colchón hidráulico

$$P_c = d_2 - d_c = 0.817 - 0.528 \rightarrow P_c = 0.30 \text{ m}$$

El diseño referencial del dique tipo DM-3 de la quebrada Chaquipa juntamente con el colchón hidráulico quedara de esta manera:

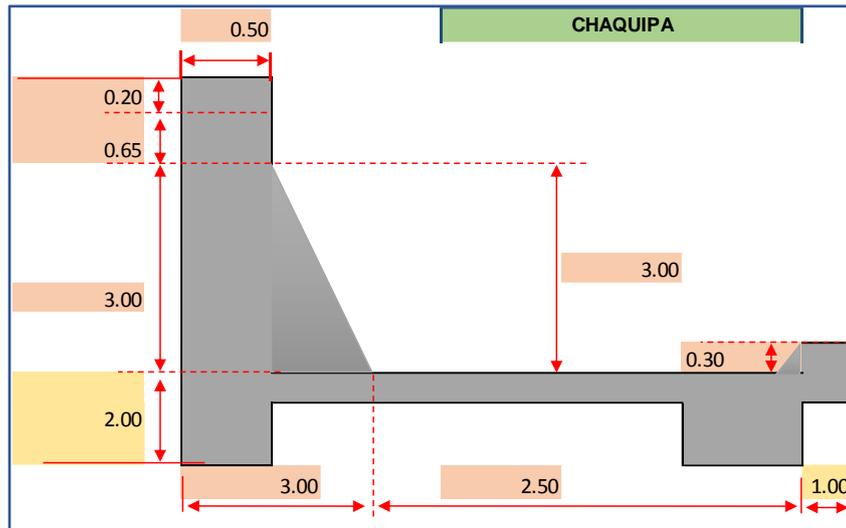


Ilustración N° 42. Diseño del dique de mampostería  
Fuente: Elaboración Propia

Los cálculos fueron hechos sin considerar las fuerzas sísmicas. A continuación, se realizará el cálculo del empuje dinámico en el dique y se verificará los factores de seguridad en los diques.

✓ Cálculo de empuje dinámico – Método de Mononobe Okabe:

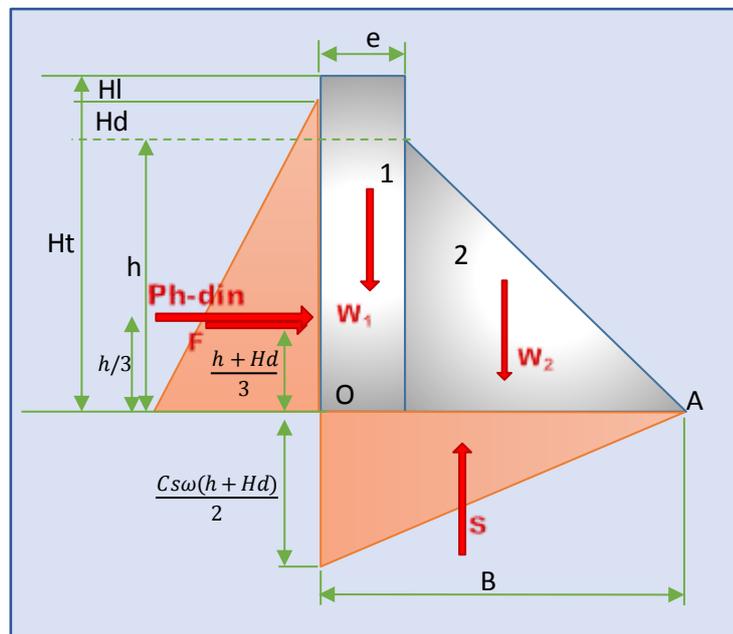


Ilustración N° 43. Diseño del dique de mampostería  
Fuente: Elaboración Propia

Coeficiente de aceleración horizontal ( $K_h$ ):

$$K_h = \frac{Z}{2} = \frac{0.35}{2} \rightarrow K_h = 0.175$$

Coeficiente de aceleración vertical ( $K_v$ ):

$$K_v = K_h \times \frac{2}{3} = 0.175 \times \frac{2}{3} \rightarrow k_v = 0.117$$

Ángulo sísmico ( $\eta$ ):

$$\eta = \tan^{-1} \left[ \frac{k_h}{1 - k_v} \right] = \tan^{-1} \left[ \frac{0.175}{1 - 0.117} \right] \rightarrow \eta = 11.206$$

Coeficiente de presión de tierra activa dinámico  $K_{ae}$ :

Consideramos a  $\delta = 0$ , porque el esfuerzo actúa directamente en la cara del dique sin formar un ángulo de fricción, por tal motivo la presión  $P_h$  es también normal a la cara del dique. Respecto a  $\beta = 0$  porque no forma un ángulo de inclinación al depositarse en el dique. Y el ángulo del respaldo será  $\theta = 90$ .

$$K_{ae} = \frac{\sin(\theta + \eta - \phi)^2}{\cos(\eta) \sin(\theta)^2 \sin(\delta + \theta + \eta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \eta - \beta)}{\sin(\delta + \theta + \eta) \sin(\theta + \beta)}} \right]^2}$$

$$K_{ae} = \frac{\sin(90 + 11.206 - 18.80)^2}{\cos(11.206) \sin(90)^2 \sin(0 + 90 + 11.206) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(18.80 + 0) \sin(18.80 - 11.206 - 0)}{\sin(0 + 90 + 11.206) \sin(90 + 0)}} \right]^2}$$

$$K_{ae} = 0.699$$

Empuje total ( $P_h$ ):

$$P_h = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - k_v) K_{ae} = \frac{1}{2} \times 1471.03 \times 3^2 (1 - 0.117) \times 0.699$$

$$P_h = 4089.113 \text{ kg}$$

Coefficiente de presión de tierra estático ( $K_a$ ):

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - \sin 18.8}{1 + \sin 18.8} \rightarrow K_a = 0.513$$

Componente estático del empuje ( $P_{h-est}$ ):

$$P_{h-est} = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a = \frac{1}{2} \times 1471.03 \times 3^2 \times 0.513 \rightarrow P_{h-est} \\ = 3392.925 \text{ kg}$$

Componente dinámico del empuje ( $P_{h-din}$ ):

$$P_{h-din} = P_h - P_{h-est} = 4089.113 - 3392.925 \rightarrow P_{h-din} \\ = 696.188 \text{ kg}$$

Distancia sobre el fondo del dique:

$$L = \frac{H}{3} = \frac{3.00}{3} \rightarrow L = 1.00 \text{ m}$$

Cálculo de la excentricidad:

$$z = \frac{W(B - X) - F\left(\frac{h}{3}\right) - S\left(2\frac{B}{3}\right) - P_{h-din}\left(\frac{H}{3}\right)}{R_n} \\ z = \frac{13031.168(3 - 1.024) - 6619.626\left(\frac{3}{3}\right) - 1500\left(2 \times \frac{3}{3}\right) - 696.188\left(\frac{3}{3}\right)}{11531.168} \\ z = 1.339 \text{ m}$$

Cálculo de la excentricidad:

$$e_x = \frac{B}{2} - z = \frac{3}{2} - 1.339 \rightarrow e_x = 0.161 \\ e_x < \frac{B}{6} \rightarrow 0.161 < 0.5 \text{ ok}$$

Calculamos las fuerzas y también los momentos respecto al punto A, esta vez considerando el empuje dinámico:

Cuadro N° 39. Cálculo de fuerza y momento de la base (con fuerzas sísmicas)

CHAQUIPA			
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MOMEN. (kg-m)
<b>W<sub>1</sub></b>	3450.000	2.750	9487.500
<b>W<sub>2</sub></b>	8625.000	1.667	14375.000
<b>F</b>	6619.626	1.000	6619.626
<b>S</b>	1500.000	2.000	3000.000
<b>Ph-d</b>	696.188	1.000	696.188

Fuente: Elaboración Propia

✓ *Análisis por deslizamiento horizontal*

$$F.DH = \frac{\sum Fv}{\sum Fh} \geq 1.5$$

$$\frac{13031.168}{7315.814} \geq 1.5 \rightarrow 1.781 \geq 1.5 \text{ ok}$$

✓ *Análisis por volteo*

$$F.SV = \frac{\sum MR}{\sum MA} \geq 1.5$$

$$\frac{26862.500}{7315.814} \geq 1.5 \rightarrow 3.672 \geq 1.5 \text{ ok}$$

✓ *Análisis por capacidad de carga*

El análisis por capacidad de carga es guiado por el mismo análisis que se aplica en muros de contención.

$$q = \gamma_t \times D = 1722.628 \times 2.00 \rightarrow q = 3445.255$$

$$B' = B - 2e = 3 - (2 \times 0.161) \rightarrow B' = 2.677$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D}{B'} = 1 + \left(0.4 \times \frac{2}{2.677}\right) \rightarrow F_{cd} = 1.299$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi_t (1 - \sin \phi_t)^2 \frac{D}{B'}$$

$$= 1 + (2 \times \tan 18.8) \times (1 - \sin 18.8)^2 \times \frac{2}{2.677}$$

$$F_{qd} = 1.234$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$\varphi^\circ = \tan^{-1} \left( \frac{\sum H}{\sum V} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{7315.814}{13031.168} \right) \rightarrow \varphi^\circ = 29.310^\circ$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left( 1 - \frac{\varphi^\circ}{90^\circ} \right)^2 = \left( 1 - \frac{29.310^\circ}{90^\circ} \right)^2 \rightarrow F_{ci} = F_{qi} = 0.455$$

$$F_{\gamma i} = \left( 1 - \frac{\varphi^\circ}{\phi_t} \right)^2 = \left( 1 - \frac{29.310^\circ}{18.8^\circ} \right)^2 \rightarrow F_{\gamma i} = 0.313$$

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{\sum V}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right) = \frac{13031.168}{3} \left( 1 + \frac{6 \times 0.161}{3} \right) \rightarrow q_{m\acute{a}x}$$

$$= 5745.398 \text{ kg/m}^2$$

$$N_c = 13.764; N_q = 5.692; N_\gamma = 4.558$$

Reemplazamos los valores en la siguiente fórmula:

$$q_u = c_t N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_t B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q_u = 16092.631 \text{ kg/m}^2$$

Determinamos el factor de seguridad por capacidad de carga de la siguiente manera:

$$FS.Cc = \frac{q_u}{q_{m\acute{a}x}} \geq 3 = \frac{16092.631}{5745.398}$$

$$FS.Cc = 2.801 < 3 \quad \text{No cumple con el } FS.Cc$$

Se realizó la misma operación en hojas de cálculo Excel para el diseño del dique tipo DM-2 (altura efectiva de 2.00 m) para las quebradas Maranchacra y Machgyacu y para los diseños en condiciones normales y periodos de retorno de 5 y 50 años. Los diseños serán adjuntados en el Anexo N° 2 – DISEÑO DE DIQUES DE CONTROL.

#### 4.1.2.6. Costo y proceso de construcción de los diques de control

##### a. Costo promedio para construcción de Diques de Gavión

Para saber el costo de los diques de gavión se realizó la semejanza de precios con muros de contención del mismo material. Según CYPE Ingenieros, s.f. se presenta el siguiente cuadro:

Cuadro N° 40. Costo promedio para construcción de los muros de gaviones por metro cúbico

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
<b>CCG010 m<sup>3</sup> Muro de gaviones.</b>					
Muro de gaviones compuesto por caja de 2x1x1 m de malla de triple torsión, hexagonal, de 50x70 mm, de alambre de acero galvanizado de 2,00 mm de diámetro, rellena de piedra caliza de aportación de granulometría comprendida entre 100 y 200 mm, colocada con retroexcavadora sobre neumáticos. Incluso elementos de apuntalamiento necesarios para su alineación y aplomado, cable de acero para sujeción de la caja y tubos de PVC para drenaje.					
<b>1 Materiales</b>					
mt07ame520a	Ud	Caja de 2x1x1 m de malla de triple torsión, hexagonal, de 50x70 mm, de alambre de acero galvanizado de 2 mm de diámetro, para gavión.	0.525	86.00	45.15
mt50spr100a	m	Cable de acero de 2 mm de diámetro, para sujeción de malla de triple torsión.	1.750	3.20	5.60
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0.300	12.60	3.78
mt50spa101	kg	Clavos de acero.	0.075	3.73	0.28
mt36tie010da	m	Tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado.	0.050	11.54	0.58
mt06psm010a	m <sup>3</sup>	Piedra caliza de granulometría comprendida entre 100 y 200 mm.	1.100	56.84	62.52
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>117.91</b>
<b>2 Equipos</b>					
mq01exn020a	h	Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 105 kW.	0.330	127.35	42.03
mq04cab010c	h	Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW.	0.275	110.37	30.35
<b>Subtotal equipos:</b>					<b>72.38</b>
<b>3 Mano de obra</b>					
mo041	h	Operario de construcción de obra civil.	0.408	21.66	8.84
mo087	h	Oficial de construcción de obra civil.	2.041	15.00	30.62
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>39.46</b>
<b>4 Herramientas</b>					
	%	Herramientas	2.000	229.75	4.60
Coste de mantenimiento decenal: S/. 35,15 en los primeros 10 años.			<b>Costos directos (1+2+3+4):</b>		<b>234.35</b>

Fuente: (CYPE Ingenieros, s.f.)

### ***b. Costo promedio para construcción de Diques de Mampostería***

Para saber el costo de los diques de mampostería se realizó la semejanza de precios con muros de contención del mismo material. Según CYPE Ingenieros, s.f. se presenta el siguiente cuadro:

*Cuadro N° 41. Costo promedio para construcción de los muros de mampostería por metro cúbico*

<b>CCC010</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Muro de contención de mampostería.</b>			
Muro de contención de tierras de mampostería ordinaria de piedra caliza, a una cara vista, entre terrenos a distinto nivel, de 20 a 50 cm de espesor y de hasta 3 m de altura, recibida con mortero de cemento confeccionado en obra, con 250 kg/m <sup>3</sup> de cemento, color gris, dosificación 1:6, suministrado en sacos. Incluso tubos de PVC para drenaje. El precio no incluye la cimentación.					
<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio parcial</b>
<b>1</b>	<b>Materiales</b>				
mt06maa010b	m <sup>3</sup>	Piedra caliza ordinaria para mampostería, formada por mampuestos de varias dimensiones sin labra previa alguna, arreglados solamente con martillo.	1.250	145.20	181.50
mt08aaa010a	m <sup>3</sup>	Agua.	0.070	4.30	0.30
mt01arg005a	t	Arena de cantera, para mortero preparado en obra.	0.570	57.97	33.04
mt08cem000b	kg	Cemento gris en sacos.	88.200	0.43	37.93
mt36tie010da	m	Tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado.	0.050	11.54	0.58
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>253.35</b>
<b>2</b>	<b>Equipos</b>				
mq06hor010	h	Mezcladora de concreto.	0.270	4.62	1.25
<b>Subtotal equipos:</b>					<b>1.25</b>
<b>3</b>	<b>Mano de obra</b>				
mo022	h	Operario de cantera.	5.443	21.66	117.90
mo060	h	Oficial de cantera.	10.205	15.00	153.08
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>270.98</b>
<b>4</b>	<b>Herramientas</b>				
	%	Herramientas	3.000	525.58	15.77
Coste de mantenimiento decenal: S/. 81,20 en los primeros 10 años.			<b>Costos directos (1+2+3+4):</b>		<b>541.35</b>

Fuente: (CYPE Ingenieros, s.f.)

### ***c. Proceso de construcción de Diques de Gavión***

Después de realizar los cálculos necesarios, se procederá la construcción del dique de gavión como lo describe la Gerencia de Restauración Forestal (2018, págs. 255-257):

- **Primer paso.** Desempacar y armar los gaviones

Se deben desempacar los gaviones en el lugar más plano posible y se procede a su armado. El armado consiste en levantar las paredes

laterales del gavión, coser las esquinas con alambre galvanizado (suministrado con los gaviones) y luego coser las paredes intermedias que tenga el gavión. El número de paredes intermedias depende de la longitud del gavión. Para el armado del gavión se requieren pinzas de electricista, pinza de corte y cizalla pequeña.



*Ilustración N° 44. Desempacado y armado de gaviones*

Fuente: (CYPE Ingenieros, s.f.)

- **Segundo paso.** Colocar y llenar los gaviones

Colocar los gaviones en el fondo de la zanja de empotramiento, cuidando que queden perfectamente horizontales, el empotramiento debe ser perfectamente rectangular para que los gaviones se asienten bien sin descuadrarse, una vez colocada la primera hilera se procede al llenado de los mismos, “careando” o

buscando los lados más planos de la piedra y dejando la menor cantidad de espacios vacíos para que el gavión sea lo más pesado posible.

Durante el llenado de los gaviones se deben colocar tensores para que el gavión conserve su forma rectangular. Los tensores se deben colocar a  $1/3$  y  $2/3$  de la altura del gavión y un tensor a lo largo del gavión.



*Ilustración N° 45. Llenado de gaviones*

Fuente: (CYPE Ingenieros, s.f.)

- **Tercer paso.** Cerrar los gaviones

Coser la tapa en forma de zurcido para que cierre perfectamente, tratando de que conserve su forma rectangular. Después de haber cerrado todos los gaviones de la primera hilera se coloca la siguiente hilera, y así sucesivamente hasta que se alcancen las dimensiones establecidas en el diseño.



*Ilustración N° 46. colocación de tensores y cerrado de gaviones*

Fuente: (CYPE Ingenieros, s.f.)

**d. Proceso de construcción de Diques de Mampostería**

Después de realizar los cálculos necesarios y cumpliendo con las condiciones establecidas, se procederá la construcción del dique de mampostería como lo describe la Gerencia de Restauración Forestal (2018, págs. 243-244):

- **Primer paso.** Realizar el trazo del empotramiento

El empotramiento consiste en excavar una zanja perpendicular al flujo de la cárcava y extenderla hasta los taludes de la misma, con la finalidad de asentar la obra más allá del nivel original de la cárcava y con esto evitar posibles franqueamientos.

- **Segundo paso.** Transportar los materiales (piedra, arena o cemento)
- **Tercer paso.** Formar la base

El tamaño de la base está relacionado con la estabilidad de la presa en el sentido de que tiene la función de evitar que el agua la socave o la derribe.

- **Cuarto paso.** Construir las paredes y el vertedor

Para las paredes se debe seguir con la misma forma con que se construyó la base. Al final se le da forma al vertedor.

Es necesario tener marcados los niveles, forma e inclinación del talud de la presa, por lo que se recomienda poner caballetes con hilos que permitirán guiar el proceso de construcción de acuerdo a las especificaciones técnicas, resultantes del diseño.



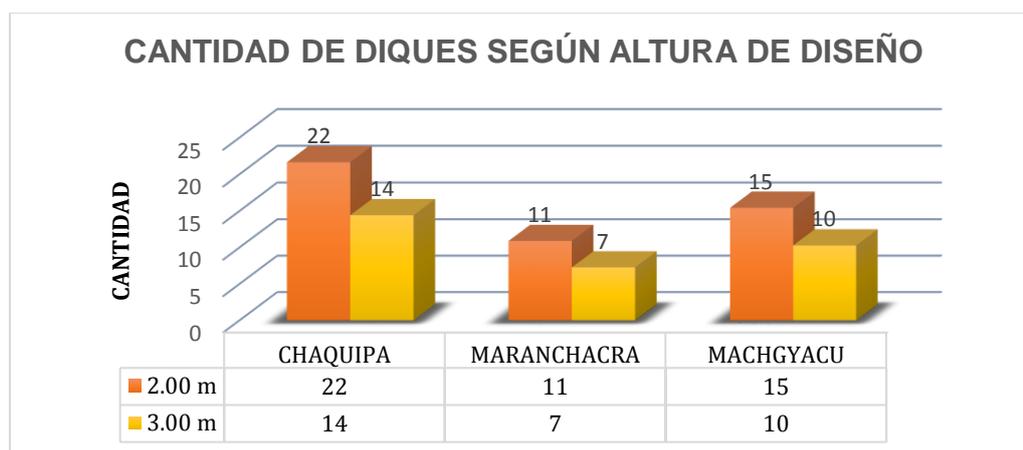
*Ilustración N° 47. Presa de mampostería en construcción*

Fuente: (CYPE Ingenieros, s.f.)

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Cantidad de diques

La cantidad de los diques en cada quebrada varía según la topografía y la altura de diseño, obteniendo así la siguiente gráfica:



Gráfica N° 2. Cantidad de diques en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu  
Fuente: Elaboración Propia

Con estos datos se realizó el diseño de los diques con alturas efectivas de 2.00 m. y 3.00 m. de esta manera se podrá realizar la distribución adecuada en las quebradas.

### 4.2.2. Resultados del diseño del dique de gavión tipo DG-2.

En el diseño del dique gavión tipo DG-2 se obtuvieron los siguientes datos para las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu. Cabe mencionar que el diseño de los diques se realizó con caudal máximo de un periodo de retorno de 50 años.

#### a. Diseño sin consideración de fuerzas sísmicas

Cuadro N° 42. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DG-2 (sin fuerzas sísmicas)

DIQUES DE GAVION - TIPO DG -2 (SIN SISMO)			
RESULTADOS	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
<b>DISEÑO DEL VERTEDOR (m)</b>	0.75	0.2	0.5
<b>FS. POR DESLIZAMIENTO <math>\geq 1.5</math></b>	1.848	1.641	1.754
<b>FS. POR VOLTEO <math>\geq 1.5</math></b>	5.236	5.236	5.236
<b>FS. POR CAP. DE CARGA <math>&gt; 3</math></b>	5.894	8.288	7.439

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que en el análisis de la estabilidad del dique de gavión tipo DG-2 cumplen con la condición requerida y respecto a la altura del vertedero, la quebrada Chaquipa tiene mayor altura debido al mayor caudal.

**b. Diseño con consideración de fuerzas sísmicas**

Cuadro N° 43. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DG-2 (con fuerzas sísmicas)

DIQUES DE GAVION - TIPO DG -2 (CON SISMO)			
RESULTADOS	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
DISEÑO DEL VERTEDOR (m)	0.75	0.2	0.5
FS. POR DESLIZAMIENTO $\geq 1.5$	1.672	1.478	1.545
FS. POR VOLTEO $\geq 1.5$	4.738	4.715	4.611
FS. POR CAP. DE CARGA $> 3$	6.298	8.994	8.406

Fuente: Elaboración Propia

Considerando las fuerzas sísmicas en el empuje dinámico podemos observar que en la quebrada Maranchacra, el dique de gavión no cumple con la condición que se requiere de la falla por deslizamiento debido que es menor que 1.5. Si se analiza según la condición  $FSD \geq E+Ph-din$ , cumple con la condición ya que es mayor que las fuerzas horizontales.

**c. Diseño con caudal en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años (considerando las fuerzas sísmicas)**

Cuadro N° 44. Resultado de análisis diques tipo DG-2 en condiciones normales y periodo de retorno de 5 y 50 años

RESULTADOS	DIQUES DE GAVIÓN - TIPO DG-2								
	CONDICIONES NORMALES			PERIODO DE RETORNO - 5 AÑOS			PERIODO DE RETORNO - 50 AÑOS		
	CHAQ.	MARANC.	MACHG.	CHAQ.	MARANC.	MACHG.	CHAQ.	MARANC.	MACHG.
DISEÑO DEL VERTEDOR (m)	0.350	0.150	0.300	0.500	0.150	0.350	0.750	0.200	0.500
FS. POR DESLIZ. $\geq 1.5$	1.536	1.461	1.478	1.587	1.461	1.495	1.672	1.478	1.545
FS. POR VOLTEO $\geq 1.5$	4.738	4.715	4.611	4.738	4.715	4.611	4.738	4.715	4.611
FS. POR CAP. DE CAR. $> 3$	7.274	9.167	9.106	6.871	9.167	8.922	6.298	8.994	8.406

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que existe una variación en la altura del diseño del vertedor debido que el caudal máximo de cada quebrada aumenta según el periodo de retorno. De la misma manera los valores de los factores de seguridad por deslizamiento y capacidad de carga varían por efecto del caudal máximo.

#### 4.2.3. Resultados del diseño del dique de gavión tipo DG-3.

##### a. Diseño sin consideración de fuerzas sísmicas

Cuadro N° 45. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DG-3 (sin fuerzas sísmicas)

<b>DIQUES DE GAVION - TIPO DG -3 (SIN SISMO)</b>			
<b>RESULTADOS</b>	<b>CHAQUIPA</b>	<b>MARANCHACRA</b>	<b>MACHGYACU</b>
<b>DISEÑO DEL VERTEDOR (m)</b>	0.65	0.2	0.4
<b>FS. POR DESLIZAMIENTO <math>\geq 1.5</math></b>	1.222	1.147	1.181
<b>FS. POR VOLTEO <math>\geq 1.5</math></b>	2.692	2.692	2.692
<b>FS. POR CAP. DE CARGA <math>&gt; 3</math></b>	7.511	9.538	9.800

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que la altura del vertedero de los diques de gavión tipo DG-3 de la quebrada Chaquipa es mayor debido al alto valor del caudal máximo.

Respecto al factor de seguridad por deslizamiento no cumple con la condición establecida debido que los valores de las tres quebradas son menores de 1.5, pero aplicando la condición teórica del ítem 2.2.8.2 éstos valores cumplen la condición de ser mayores de 1 debido que las fuerzas verticales son mayores que las fuerzas horizontales.

##### b. Diseño con consideración de fuerzas sísmicas

Cuadro N° 46. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DG-3 (con fuerzas sísmicas)

<b>DIQUES DE GAVION - TIPO DG -3 (CON SISMO)</b>			
<b>RESULTADOS</b>	<b>CHAQUIPA</b>	<b>MARANCHACRA</b>	<b>MACHGYACU</b>
<b>DISEÑO DEL VERTEDOR (m)</b>	0.65	0.2	0.4
<b>FS. POR DESLIZAMIENTO <math>\geq 1.5</math></b>	1.106	1.033	1.040
<b>FS. POR VOLTEO <math>\geq 1.5</math></b>	2.436	2.424	2.371
<b>FS. POR CAP. DE CARGA <math>&gt; 3</math></b>	8.680	10.863	11.428

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que el diseño de los diques de gavión no cumple la condición del factor de seguridad por deslizamiento, siendo que los valores son menores que 1.5.

Se observa que la fuerza sísmica disminuye la estabilidad del dique gavión.

**c. Diseño con caudal en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años (considerando las fuerzas sísmicas)**

Cuadro N° 47. Resultado de análisis diques tipo DG-3 en condiciones normales y periodo de retorno de 5 y 50 años

RESULTADOS	DIQUES DE GAVIÓN - TIPO DG-3								
	CONDICIONES NORMALES			PERIODO DE RETORNO - 5 AÑOS			PERIODO DE RETORNO - 50 AÑOS		
	CHAQ.	MARANC.	MACHG.	CHAQ.	MARANC.	MACHG.	CHAQ.	MARANC.	MACHG.
DISEÑO DEL VERTEDOR (m)	0.300	0.100	0.250	0.400	0.100	0.300	0.650	0.200	0.400
FS. POR DESLIZ. $\geq 1.5$	1.053	1.018	1.018	1.068	1.018	1.025	1.106	1.033	1.040
FS. POR VOLTEO $\geq 1.5$	2.436	2.424	2.371	2.436	2.424	2.371	2.436	2.424	2.371
FS. POR CAP. DE CAR. $> 3$	9.636	11.174	11.895	9.351	11.174	11.737	8.680	10.863	11.428

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que existe una variación en la altura del diseño del vertedor debido que el caudal máximo de cada quebrada aumenta según el periodo de retorno.

Respecto al factor de seguridad por deslizamiento, el dique que no cumple los valores requeridos desde las condiciones normales pertenece a la quebrada Maranchacra, mientras que los valores por volteo y capacidad de carga de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu cumplen con la condición de seguridad.

**4.2.4. Resultados del diseño del dique de mampostería tipo DM-2.**

**a. Diseño sin consideración de fuerzas sísmicas**

Cuadro N° 48. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DM-2 (sin fuerzas sísmicas)

DIQUES DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM -2 (SIN SISMO)			
RESULTADOS	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
DISEÑO DEL VERTEDOR (m)	0.75	0.2	0.5
FS. POR DESLIZAMIENTO $\geq 1.5$	2.329	2.054	2.204
FS. POR VOLTEO $\geq 1.5$	4.264	4.264	4.264
FS. POR CAP. DE CARGA $> 3$	3.594	3.627	3.889

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que el diseño de los diques de mampostería tipo DM-2 cumplen con todas las condiciones establecidas en el análisis de estabilidad.

Respecto a la altura de vertedero, en la quebrada Chaquipa se obtiene un valor alto debido al valor del caudal máximo.

**b. Diseño con consideración de fuerzas sísmicas**

Cuadro N° 49. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DM-2 (con fuerzas sísmicas)

<b>DIQUES DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM -2 (CON SISMO)</b>			
<b>RESULTADOS</b>	<b>CHAQUIPA</b>	<b>MARANCHACRA</b>	<b>MACHGYACU</b>
<b>DISEÑO DEL VERTEDOR (m)</b>	0.75	0.2	0.5
<b>FS. POR DESLIZAMIENTO <math>\geq 1.5</math></b>	2.108	1.850	1.941
<b>FS. POR VOLTEO <math>\geq 1.5</math></b>	3.859	3.840	3.755
<b>FS. POR CAP. DE CARGA <math>&gt; 3</math></b>	3.227	3.545	4.121

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que, aplicando las fuerzas sísmicas el valor del factor de seguridad por capacidad de carga de la quebrada Chaquipa es mayor por décimas de la condición establecida (3).

**c. Diseño con caudal en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años (considerando las fuerzas sísmicas)**

Cuadro N° 50. Resultado de análisis diques tipo DM-2 en condiciones normales y periodo de retorno de 5 y 50 años

<b>RESULTADOS</b>	<b>DIQUES DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM-2</b>								
	<b>CONDICIONES NORMALES</b>			<b>PERIODO DE RETORNO - 5 AÑOS</b>			<b>PERIODO DE RETORNO - 50 AÑOS</b>		
	<b>CHAQ.</b>	<b>MARANC.</b>	<b>MACHG.</b>	<b>CHAQ.</b>	<b>MARANC.</b>	<b>MACHG.</b>	<b>CHAQ.</b>	<b>MARANC.</b>	<b>MACHG.</b>
<b>DISEÑO DEL VERTEDOR (m)</b>	0.350	0.150	0.300	0.500	0.150	0.350	0.750	0.200	0.500
<b>FS. POR DESLIZ. <math>\geq 1.5</math></b>	1.927	1.827	1.853	1.995	1.827	1.875	2.108	1.850	1.941
<b>FS. POR VOLTEO <math>\geq 1.5</math></b>	3.859	3.840	3.755	3.859	3.840	3.755	3.859	3.840	3.755
<b>FS. POR CAP. DE CAR. <math>&gt; 3</math></b>	3.207	3.578	4.391	3.143	3.486	4.172	3.227	3.545	4.121

Fuente: Elaboración Propia

El valor del diseño del vertedero incrementa según el tiempo y es debido al periodo de retorno del caudal máximo en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.

Existe un incremento de valores en los factores de seguridad por deslizamiento y por capacidad de carga según el tiempo que se evalúa, de igual modo siguen cumpliendo la condición de seguridad al ser mayores de 1.5

#### 4.2.5. Resultados del diseño del dique de mampostería tipo DM-3.

##### a. Diseño sin consideración de fuerzas sísmicas

Cuadro N° 51. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DM-3 (sin fuerzas sísmicas)

<b>DIQUES DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM -3 (SIN SISMO)</b>			
<b>RESULTADOS</b>	<b>CHAQUIPA</b>	<b>MARANCHACRA</b>	<b>MACHGYACU</b>
<i>DISEÑO DEL VERTEDOR (m)</i>	0.65	0.2	0.4
<i>FS. POR DESLIZAMIENTO <math>\geq 1.5</math></i>	1.969	1.869	1.913
<i>FS. POR VOLTEO <math>\geq 1.5</math></i>	4.058	4.058	4.058
<i>FS. POR CAP. DE CARGA <math>&gt; 3</math></i>	3.020	3.341	4.404

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que en la quebrada Chaquipa, el factor de seguridad por capacidad de carga es cercano a la condición establecida por décimas. Respecto a las quebradas Maranchacra y Machgyacu siguen cumpliendo las condiciones establecidas.

##### b. Diseño con consideración de fuerzas sísmicas

Cuadro N° 52. Resultado de análisis del diseño del dique tipo DM-3 (con fuerzas sísmicas)

<b>DIQUES DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM -3 (CON SISMO)</b>			
<b>RESULTADOS</b>	<b>CHAQUIPA</b>	<b>MARANCHACRA</b>	<b>MACHGYACU</b>
<i>DISEÑO DEL VERTEDOR (m)</i>	0.65	0.2	0.4
<i>FS. POR DESLIZAMIENTO <math>\geq 1.5</math></i>	1.781	1.683	1.685
<i>FS. POR VOLTEO <math>\geq 1.5</math></i>	3.672	3.654	3.573
<i>FS. POR CAP. DE CARGA <math>&gt; 3</math></i>	2.801	3.418	4.826

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que en la quebrada Chaquipa no cumple el valor establecido en el factor de seguridad por capacidad de carga cuando se incrementa las fuerzas sísmicas.

*c. Diseño con caudal en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años (considerando las fuerzas sísmicas)*

Cuadro N° 53. Resultado de análisis diques tipo DM-3 en condiciones normales y periodo de retorno de 5 y 50 años

RESULTADOS	DIQUES DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM-3								
	CONDICIONES NORMALES			PERIODO DE RETORNO - 5 AÑOS			PERIODO DE RETORNO - 50 AÑOS		
	CHAQ.	MARANC.	MACHG.	CHAQ.	MARANC.	MACHG.	CHAQ.	MARANC.	MACHG.
DISEÑO DEL VERTEDOR (m)	0.300	0.100	0.250	0.400	0.100	0.300	0.650	0.200	0.400
FS. POR DESLIZ. $\geq 1.5$	1.711	1.663	1.655	1.731	1.663	1.665	1.781	1.683	1.685
FS. POR VOLTEO $\geq 1.5$	3.672	3.654	3.573	3.672	3.654	3.573	3.672	3.654	3.573
FS. POR CAP. DE CAR. $> 3$	2.757	3.359	4.752	2.818	3.463	4.910	2.801	3.418	4.826

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que desde las condiciones normales y periodos de retorno de 5 y 50 años, el diseño del dique de mampostería en la quebrada Chaquipa no cumple con la condición del factor de seguridad por capacidad de carga.

**4.2.6. Resultados de diferencia de costos de construcción de los diques de control.**

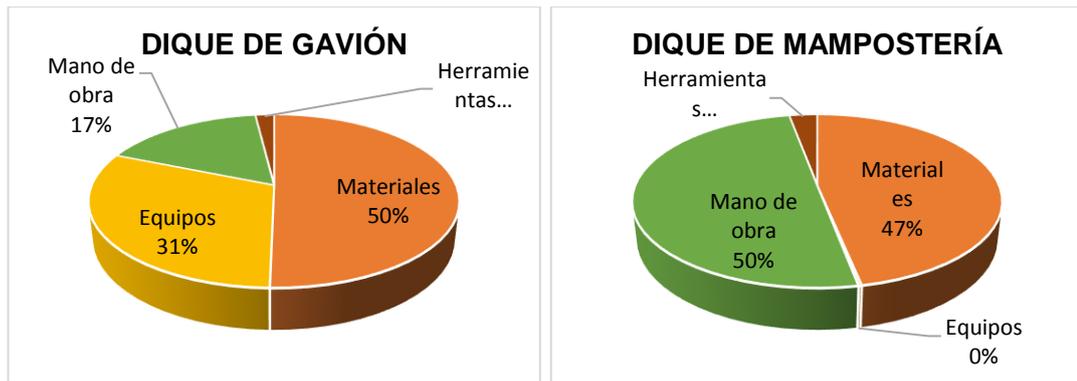
A continuación, se presenta los siguientes cuadros de resumen de los precios parciales del costo de construcción de los diques de control por metro cúbico.

Cuadro N° 54. Cuadros de resumen de costos de construcción de los diques de control

DIQUE DE GAVIÓN			DIQUE DE MAMPOSTERÍA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO PARCIAL	ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO PARCIAL
1	Materiales	S/117.91	1	Materiales	S/253.35
2	Equipos	S/72.38	2	Equipos	S/1.25
3	Mano de obra	S/39.46	3	Mano de obra	S/270.98
4	Herramientas	S/4.60	4	Herramientas	S/15.77
<b>TOTAL</b>		<b>S/234.35</b>	<b>TOTAL</b>		<b>S/541.35</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar en los cuadros de resumen la diferencia de costos de cada construcción de dique de control.



Gráfica N° 3. Distribución de costos de la construcción de los diques de control

Fuente: Elaboración Propia

En las gráficas se observa la distribución de precios de forma parcial en la construcción de los diques de control. Respecto al dique de gavión, se observa que el costo en equipos es mayor que del dique de mampostería mientras que en el dique de mampostería la mano de obra tiene mayor costo que de los diques de gavión.

#### 4.3. Prueba de Hipótesis

A continuación, se realizará la prueba de hipótesis con los datos obtenidos de la evaluación del diseño de los diques de control debido que la muestra de investigación es no probalística.

##### 4.3.1. Hipótesis general planteado

**Hi:** La evaluación del adecuado y eficiente dique de control influye en la mitigación de huaycos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco.

**Ho:** La evaluación del adecuado y eficiente dique de control no influye en la mitigación de huaycos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco.

#### 4.3.2. Prueba del Hipótesis general planteado

Realizando la evaluación de los diques de control se puede verificar si cumple o no con los factores de seguridad para que puedan mitigar los huaycos:

Cuadro N° 55. Cuadro de cumplimiento de factores de evaluación de los diques de control

FACTORES DE EVALUACIÓN	QUEBRADA CHAQUIPA			
	GAVIONES		MAMPOSTERIA	
	DG-2	DG-3	DM-2	DM-3
<i>FS. POR DESLIZAMIENTO <math>\geq 1.5</math></i>	SI	NO	SI	SI
<i>FS. POR VOLTEO <math>\geq 1.5</math></i>	SI	SI	SI	SI
<i>FS. POR CAP. DE CARGA <math>&gt; 3</math></i>	SI	SI	SI	NO

FACTORES DE EVALUACIÓN	QUEBRADA MARANCHACRA			
	GAVIONES		MAMPOSTERIA	
	DG-2	DG-3	DM-2	DM-3
<i>FS. POR DESLIZAMIENTO <math>\geq 1.5</math></i>	NO	NO	SI	SI
<i>FS. POR VOLTEO <math>\geq 1.5</math></i>	SI	SI	SI	SI
<i>FS. POR CAP. DE CARGA <math>&gt; 3</math></i>	SI	SI	SI	SI

FACTORES DE EVALUACIÓN	QUEBRADA MACHYACU			
	GAVIONES		MAMPOSTERIA	
	DG-2	DG-3	DM-2	DM-3
<i>FS. POR DESLIZAMIENTO <math>\geq 1.5</math></i>	SI	NO	SI	SI
<i>FS. POR VOLTEO <math>\geq 1.5</math></i>	SI	SI	SI	SI
<i>FS. POR CAP. DE CARGA <math>&gt; 3</math></i>	SI	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración Propia

Con la tabla 55 se puede mencionar que es necesario la evaluación de estabilidad para determinar el tipo de dique que será eficiente en la mitigación de huaycos. Se observa también que el dique de mampostería tipo DM-2 cumple con las condiciones establecidas de evaluación, mientras que los diques de gavión tienen una debilidad respecto al deslizamiento aún más si estos tienen 3.00 m de altura efectiva de esta manera no cumplirán de manera eficiente la mitigación de los huaycos.

Cuadro N° 56. Cuadro de costo total de construcción de los diques de control

DIQUES DE CONTROL	COSTO TOTAL POR M3
GAVIÓN	S/234.35
MAMPOSTERÍA	S/541.35

Fuente: Elaboración Propia

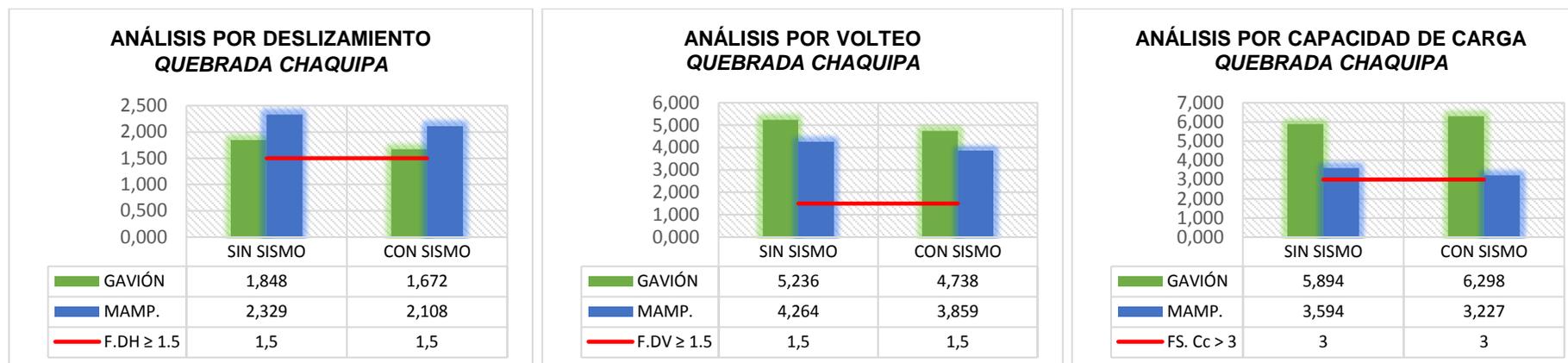
En la evaluación de costos de construcción de los diques, se observa que el dique de gaviones es más económico que el de mampostería, lo cual ayuda en la toma de decisiones para su ejecución.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis general  $H_1$ : La evaluación del adecuado y eficiente dique de control influye en la mitigación de huaycos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco.

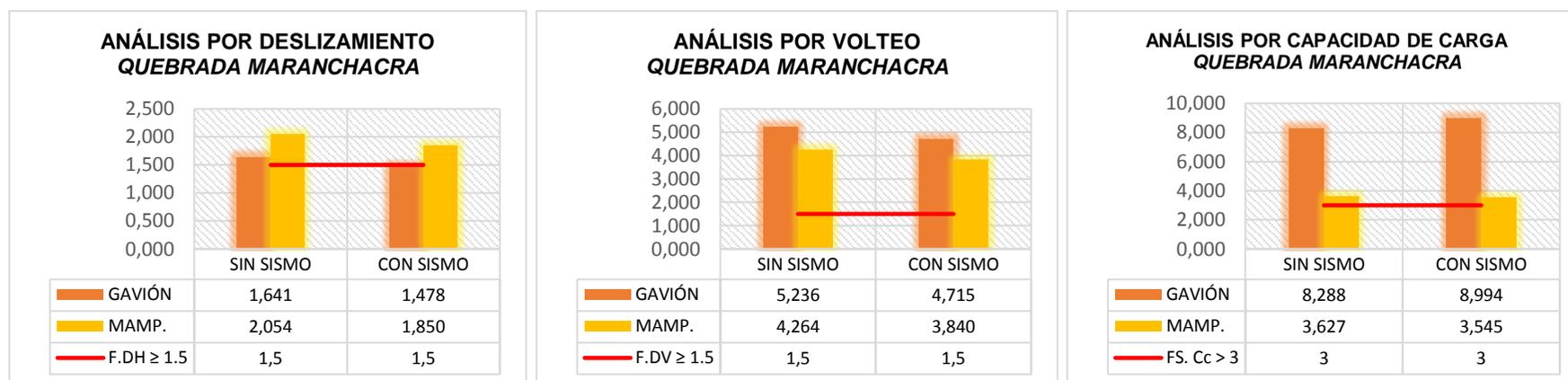
#### 4.3.3. Prueba de hipótesis específicos

- **H1:** El empuje dinámico influye en el diseño hidráulico y geotécnico en los diques de gavión y de mampostería.
- **H01:** El empuje dinámico no influye en el diseño hidráulico y geotécnico en los diques de gavión y de mampostería.
  - A continuación, en las gráficas según el tipo de dique de control y nombre de la quebrada se probará si existe influencia o no con el sismo.

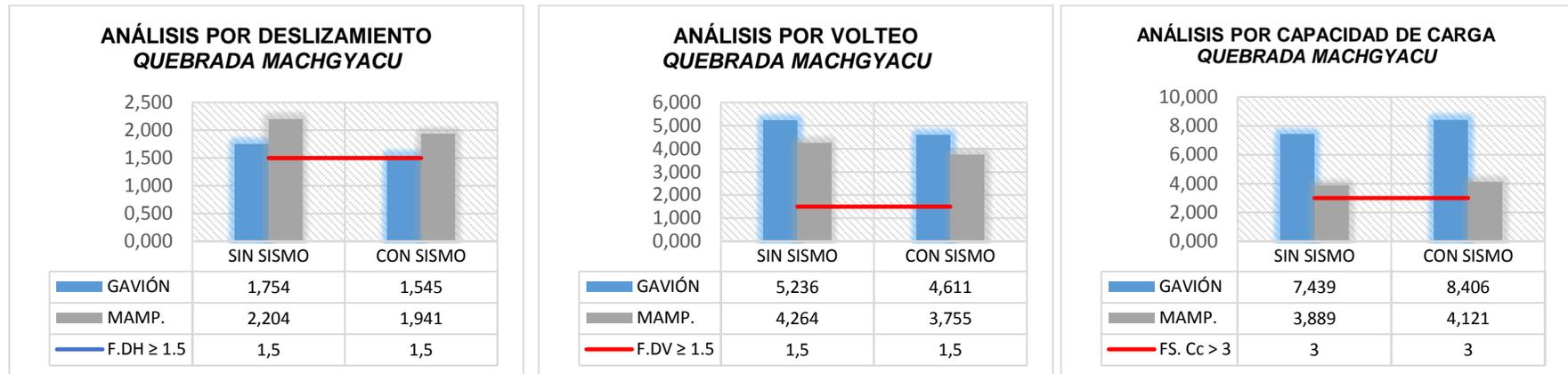
- Comparación de diques Tipo DG-2 y DM-2 en cada quebrada con la intervención de las fuerzas sísmicas.



Gráfica N° 4. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad con la influencia de las fuerzas sísmicas, diques tipo DG-2 y DM-2. Quebrada Chaquipa  
Fuente: Elaboración Propia



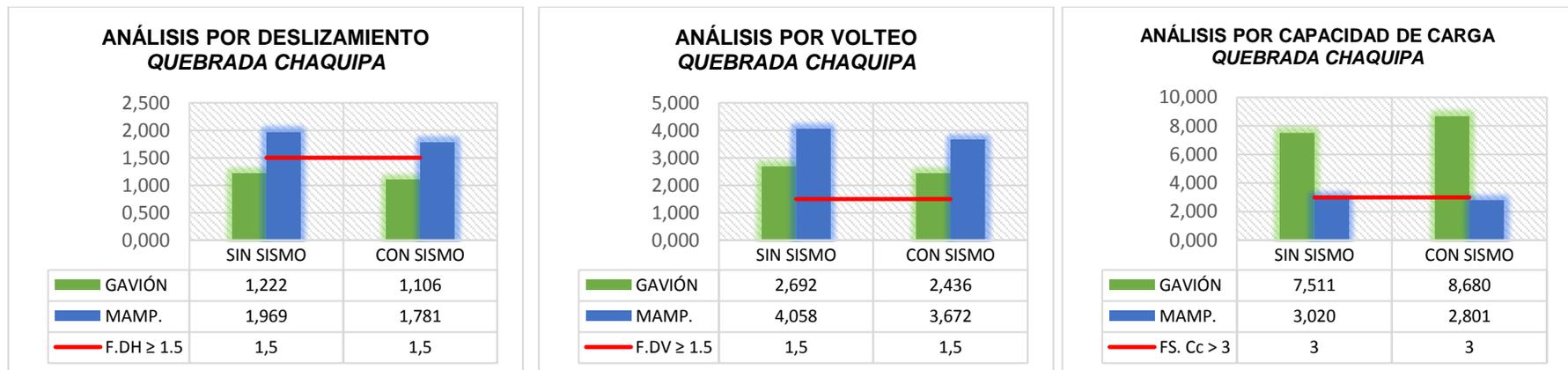
Gráfica N° 5. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad con la influencia de las fuerzas sísmicas, diques tipo DG-2 y DM-2. Quebrada Maranchacra  
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica N° 6. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad con la influencia de las fuerzas sísmicas, diques tipo DG-2 y DM-2. Quebrada Machgyacu

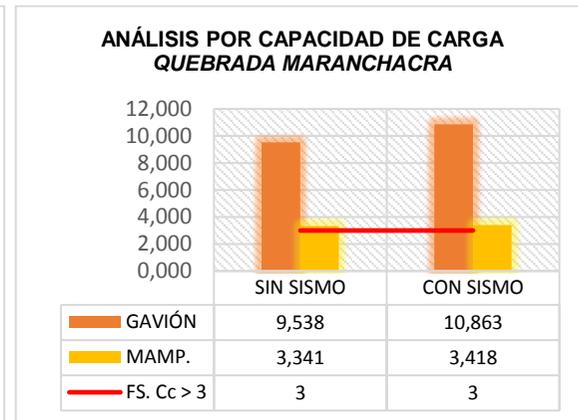
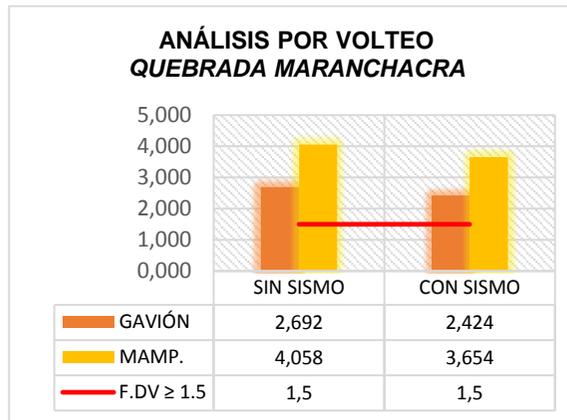
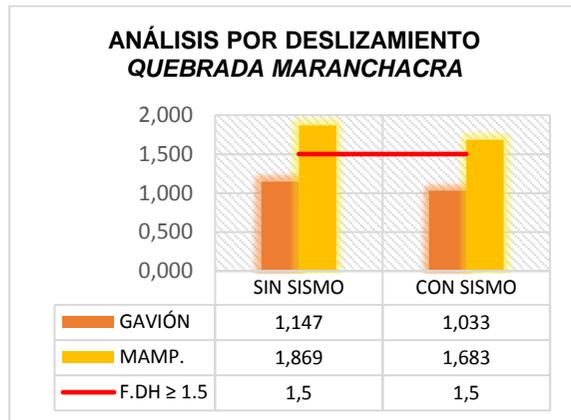
Fuente: Elaboración Propia

- Comparación de diques Tipo DG-3 y DM-3 en cada quebrada con la intervención de las fuerzas sísmicas.



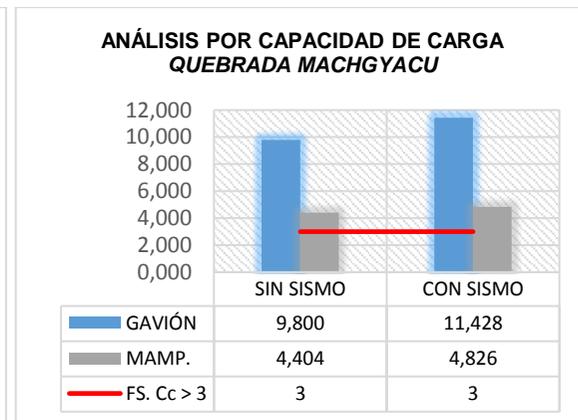
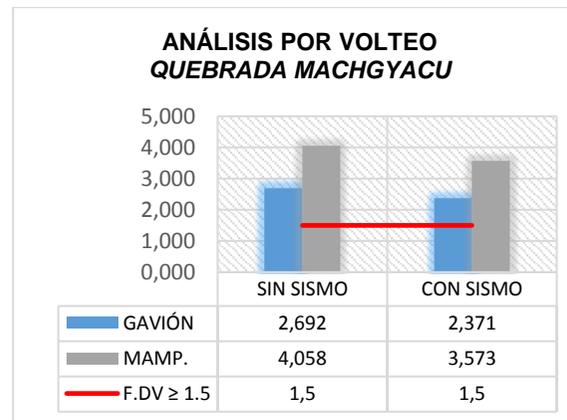
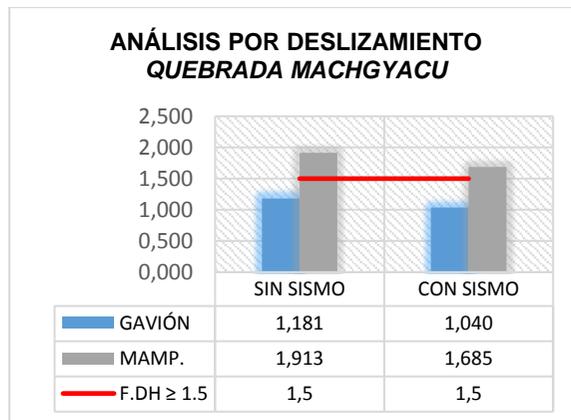
Gráfica N° 7. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad con la influencia de las fuerzas sísmicas, diques tipo DG-3 y DM-3. Quebrada Chaquipa

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica N° 8. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad con la influencia de las fuerzas sísmicas, diques tipo DG-3 y DM-3. Quebrada Maranchacra

Fuente: Elaboración Propia

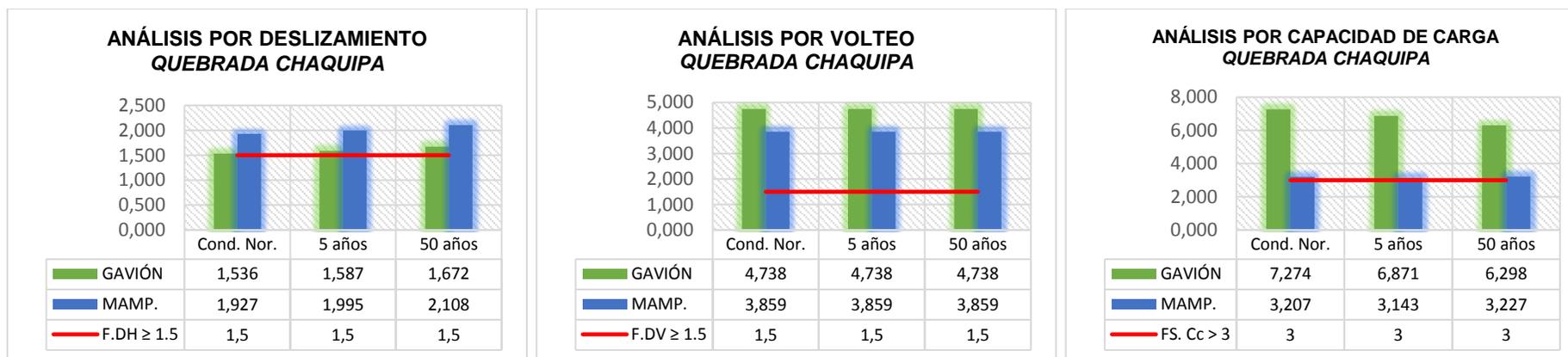


Gráfica N° 9. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad con la influencia de las fuerzas sísmicas, diques tipo DG-3 y DM-3. Quebrada Machgyacu

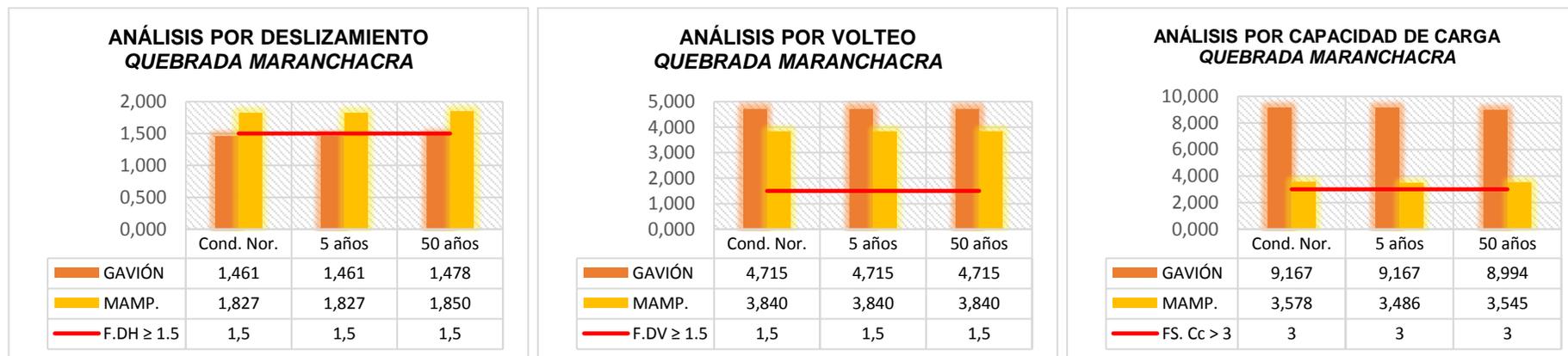
Fuente: Elaboración Propia

- Según los gráficos se observa que la influencia de las fuerzas sísmicas en el empuje dinámico en los diques donde desmayen los valores de los factores de seguridad, pero es más resaltada en:
    - **Diques de gavión (tipo DG-2 y DG-3):** donde disminuye la resistencia al deslizamiento en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu.
    - **Diques de mampostería (tipo DM-3):** donde disminuye la resistencia a la capacidad de carga en la quebrada Chaquipa.
  - Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula  $H_{01}$  porque queda comprobado la hipótesis específica  $H_1$ : El empuje dinámico influye en el diseño hidráulico y geotécnico en los diques de gavión y de mampostería.
- 
- **H2:** La estabilidad de los diques de gavión y de mampostería varían con un caudal en condiciones normales y con periodos de retorno de 5 y 50 años.
  - **H02:** La estabilidad de los diques de gavión y de mampostería no varían con un caudal en condiciones normales y con periodos de retorno de 5 y 50 años.

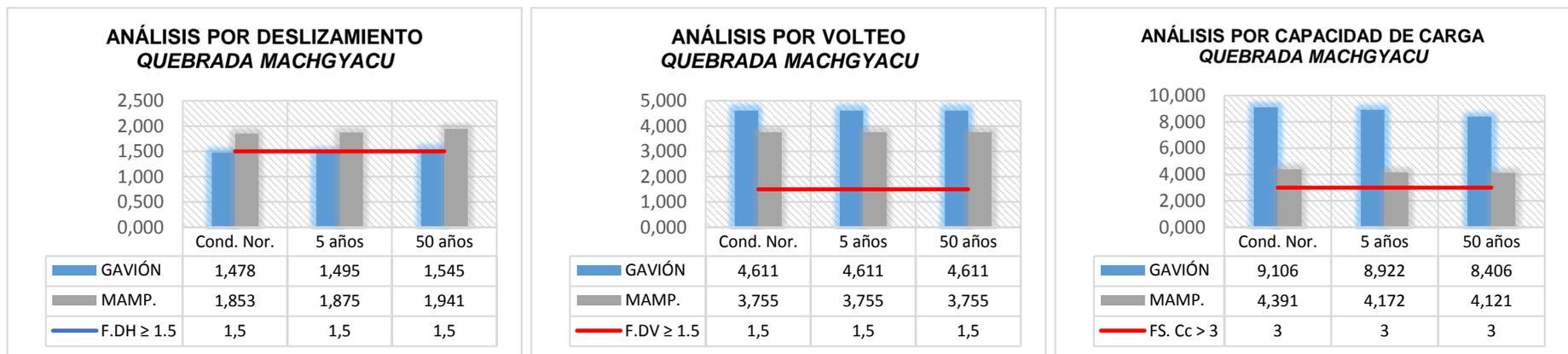
- Comparación del análisis de estabilidad de los diques Tipo DG-2 y DM-2 con el caudal en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años.



Gráfica N° 10. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad de los diques tipo DG-2 y DM-2 en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años - Quebrada Chaquipa  
Fuente: Elaboración Propia

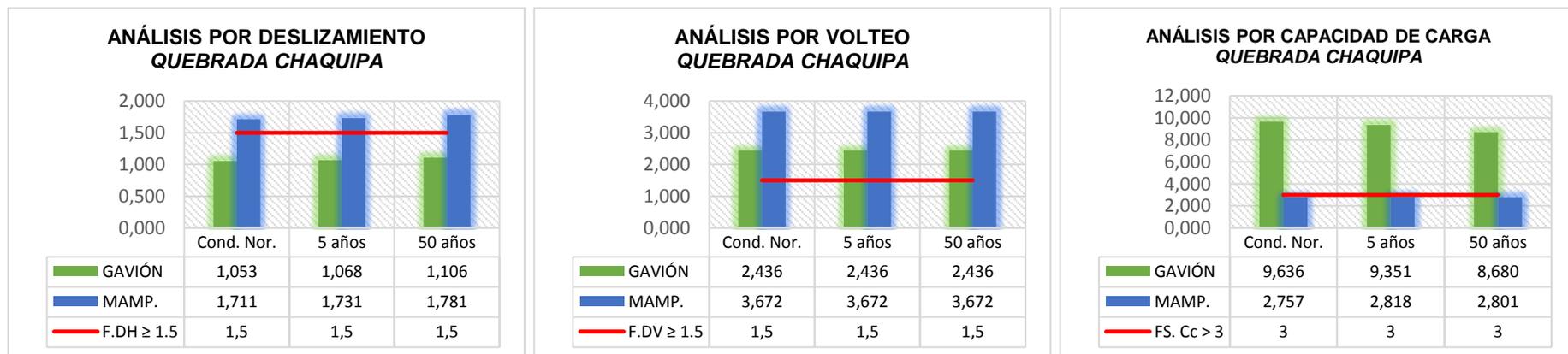


Gráfica N° 11. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad de los diques tipo DG-2 y DM-2 en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años - Quebrada Maranchacra  
Fuente: Elaboración Propia

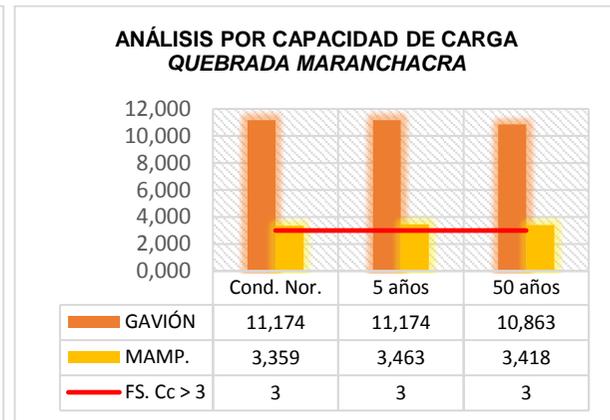
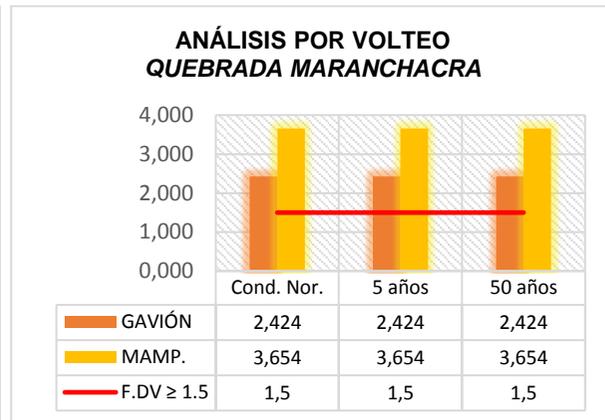
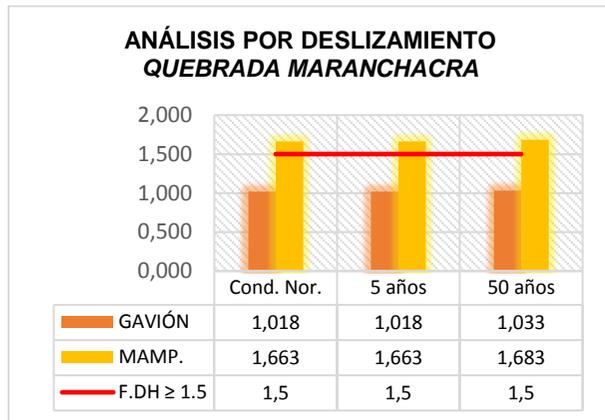


Gráfica N° 12. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad de los diques tipo DG-2 y DM-2 en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años - Quebrada Machgyacu  
Fuente: Elaboración Propia

- Comparación del análisis de estabilidad de los diques Tipo DG-3 y DM-3 con el caudal en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años.

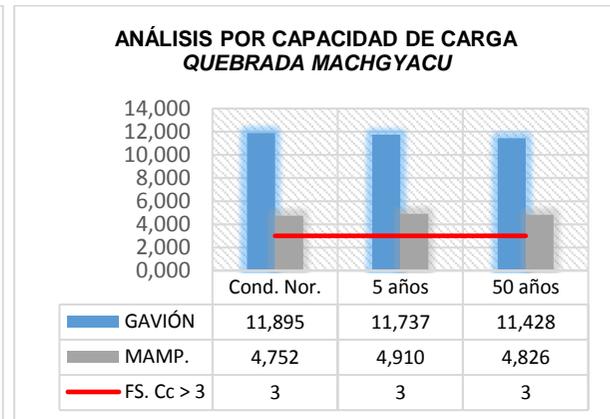
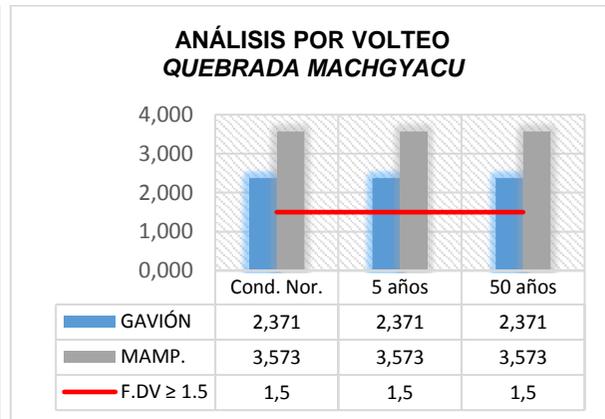
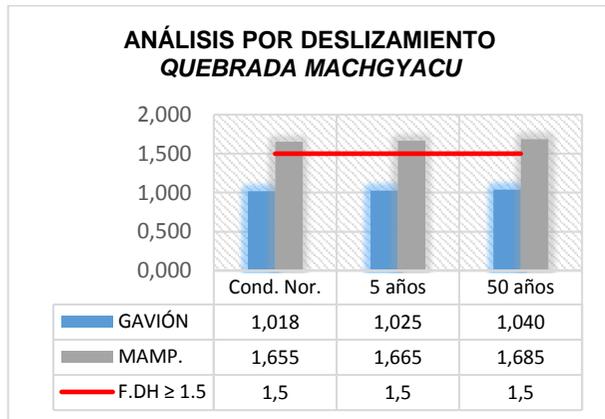


Gráfica N° 13. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad de los diques tipo DG-3 y DM-3 en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años - Quebrada Chaquipa  
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica N° 14. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad de los diques tipo DG-3 y DM-3 en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años - Quebrada Maranchacra

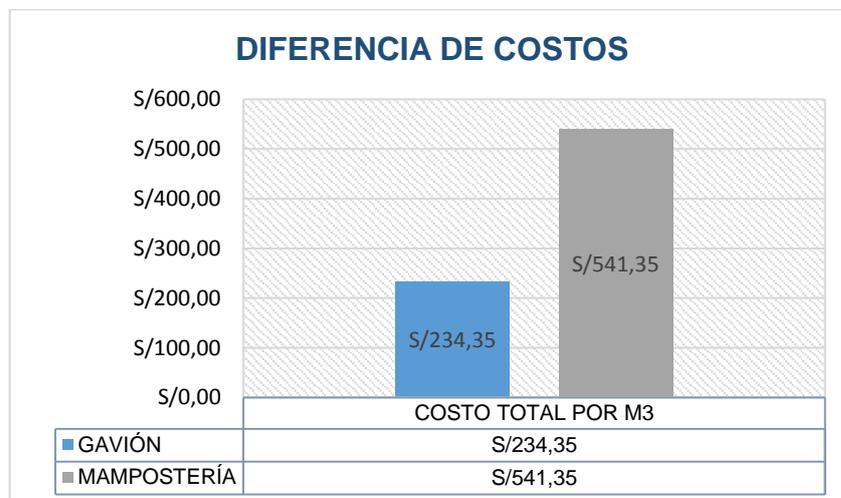
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica N° 15. Diferencia de valores en el análisis de estabilidad de los diques tipo DG-3 y DM-3 en condiciones normales y en periodos de retorno de 5 y 50 años - Quebrada Machgyacu

Fuente: Elaboración Propia

- Según los gráficos se observa que la estabilidad de los diques de gavión y de mampostería varían en:
  - **Diques de gavión (tipo DG-2 y DG-3):** existe una crecida de valores en el factor de seguridad por deslizamiento, esto debido que incrementa el peso en los diques.
  - **Diques de mampostería (tipo DM-2 y DM-3):** el valor en el factor de seguridad por capacidad de carga disminuye en ambos diques.
- Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula  $H_{02}$  porque queda comprobado la hipótesis específica  $H_2$ : La estabilidad de los diques de gavión y de mampostería varían con un caudal en condiciones normales y con periodos de retorno de 5 y 50 años.
- **H3:** Existe una diferencia del costo y proceso de construcción entre los diques de gavión y de mampostería.
- **H03:** No existe una diferencia del costo y proceso de construcción entre los diques de gavión y de mampostería.
  - Para probar la hipótesis se presenta el siguiente gráfico:



Gráfica N° 16. diferencia de costos de construcción de los diques de control por metro cúbico  
Fuente: Elaboración Propia

- Según el gráfico se observa la diferencia de costos que existe entre el dique de gavión y de mampostería, debido que en la construcción del dique de mampostería se aporta más en la mano de obra por el mismo proceso constructivo que tiene dicho dique. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula  $H_{03}$  y queda comprobado la hipótesis específica  $H_3$ : Existe una diferencia del costo y proceso de construcción entre los diques de gavión y de mampostería.

#### **4.4. Discusión de Resultados**

A partir de los análisis realizados, aceptamos la hipótesis alternativa general que menciona que la evaluación del adecuado y eficiente dique de control influye en la mitigación de huaycos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco.

Esta evaluación guarda cierta relación con Aguilar Núñez (2006) que al realizar una evaluación basado en una comparación técnica y económica elige un dique para que éste pueda ser ejecutado. En esta investigación el costo de la obra de gaviones es 40.50% más costosa que el material granular compactado, mientras que en nuestro caso la obra de gavión es 43.3% menos costosa que la obra de mampostería.

El diseño de los diques con 2 y 3 metros de altura fueron evaluados, siendo que el dique de mampostería de 2 y 3 metros de altura es más efectiva ante la mitigación de huaycos así como el diseño de diques que realiza García Chaca (2016). Mientras que el diseño de la presa tipo Sabo de Díaz Haro & Espinoza Ramos (2017) tiene una altura efectiva es de 3.30 m. y la altura de la cresta del vertedor es de 1.20 m. dimensiones diferentes al diseño de esta investigación.

## CONCLUSIONES

- La topografía de la zona de estudio tuvo influencia en la cantidad referencial de la ubicación de los diques, cuando la altura efectiva era mayor la cantidad de diques era menor, pero al disminuir la altura efectiva de los diques la cantidad aumentaba como se observa la Gráfica 4.1. Por tal motivo, se trabajó con 2 alturas efectivas para los diques de control, con 2.00m y 3.00m.
- La evaluación del diseño hidráulico se realizó con la densidad del flujo de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu donde fue calculada con el caudal máximo hallado con el Método Racional Modificado (ver Tabla 4.11), dándonos los resultados en la Tabla 4.15.
- La evaluación geotécnica se realizó con el análisis de estabilidad de muros de contención para que el diseño sea más seguro. Los datos obtenidos de ensayo de suelos (mencionados en la Tabla 4.4 y 4.8) fueron aplicados para el diseño de los diques de control.
- En la evaluación por capacidad de carga, la quebrada Chaquipa tuvo problemas por la baja cohesión de suelos, respecto al dique de mampostería tipo DM-2 y DM-3 se tuvo que profundizar la cimentación. El tipo DM-2 tuvo el valor mínimo de cimentación de 1.55m en la quebrada Chaquipa, mientras que las 2 quebradas tuvieron 1.20m de profundidad. El tipo DM-3 tuvo el valor mínimo de cimentación de 2.00m en la quebrada Chaquipa y en las quebradas Maranchacra y Machgyacu fue de 1.50m de profundidad.
- La influencia de sismo con el empuje dinámico fue calculada con el Método de Mononobe Okabe, los resultados de la evaluación cambiaron cuando se observó que los diques tipo DG-3 son más propensos al deslizamiento (en las

3 quebradas) y el dique tipo DM-3 disminuye su resistencia a la capacidad de carga en la quebrada Chaquipa.

- El comportamiento de estabilidad de los diques varía desde su análisis en condiciones normales hasta un periodo de retorno de 5 y 50 años, esto se debe al incremento del caudal máximo en cada quebrada.
- La diferencia de costo de construcción de los diques (por metro cúbico) varia en un 43.3%. El mayor costo lo tiene el dique de mampostería, pues su mayor inversión aparte de los materiales es en la mano de obra, mientras que el dique gavión es de menor costo (ver tabla 4.47 y 4.49).
- En el proceso constructivo, el dique de mampostería será complejo al alinear y darle la forma trapezoidal mientras que el dique de gavión tendrá su complejidad al mantener la forma rectangular de las mallas, por ello ambas requieren un personal capacitado.
- Los diques de mampostería tipo DM-2 es el más efectivo para la mitigación de huaycos en las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu, mientras que el tipo DM-3 es efectivo en las quebradas Maranchacra y Machgyacu. El dique de gavión tipo DG-2 es efectivo para la mitigación de huaycos en las quebradas Chaquipa y Machgyacu y el dique tipo DG-3 no es efectivo en ninguna de las quebradas. Por lo tanto, se descarta para la mitigación de huaycos.

## RECOMENDACIONES

- Para el estudio topográfico de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu se recomienda realizar un levantamiento topográfico si se requiere construir diques de control, de esa manera la distribución de diques será más precisa teniendo los cálculos y criterios necesarios.
- Respecto al diseño del dique de gavión tipo DG-2 se recomienda que se pueden ubicar en la parte superior de las quebradas de manera que puedan retener los sedimentos y dejar pasar el agua. También en la base se le puede colocar un dentellón para evitar su deslizamiento cuando éste acumule sedimentos.
- Se recomienda en el dique de mampostería DM-3 en la quebrada Chaquipa se pueda profundizar la cimentación o incrementar el ancho de la base para que el dique evite la falla por capacidad de carga.
- Se recomienda la siguiente distribución de los diques evaluados:
  - **Quebrada Chaquipa:** en la parte superior de la quebrada los diques de gavión tipo DG-2, en la parte inferior el dique de mampostería DM-2.
  - **Quebrada Maranchacra:** en la parte superior será el dique de mampostería tipo DM-2 y en la parte inferior el tipo DM-3.
  - **Quebrada Machgyacu:** el dique de gavión tipo DG-2 estará en la parte superior y en la parte inferior el dique de mampostería tipo DM-3.

Para mayor detalle, ver en el Anexo N°4 – Planos, los planos de distribución P-05, P-06 y P-07.

- Se recomienda realizar (en la parte inferior de las quebradas junto a los canales) estructuras de captación de agua para su eliminación por el sistema de drenaje, de esta manera se aportará para la mitigación de huaycos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Núñez, W. (2006). *ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE DIQUE CONSTRUIDO EN MATERIAL GRANULAR COMPACTADO Y DIQUES EN GAVIONES EN EL EMBALSE DEL PROYECTO HIDROÉLECTRICO CARIBLANCO (P. H. CARIBLANCO) (Tesis de Pre grado)*. Cartago: ESCUELA INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN - INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.
- Arancibia S., A. (2018). *SlidePlayer*. Obtenido de CONCEPTOS DE FLUJO DE ESCOMBROS EN QUEBRADAS: <https://slideplayer.es/slide/11849013/>
- Basurto R., D. (2018). *MECÁNICA DE SUELOS - LÍMITES DE CONSISTENCIA*. Lima: CISMID.
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Budhu, M. (2015). *SOIL MECHANICS FUNDAMENTALS*. Arizona: WILEY Blackwell.
- Cabrera C., J. W. (2013). *MODELACIÓN DE HUAYCOS COMO HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN Y PREVENCIÓN DE DESASTRES*. Lima: UNI.
- CENEPRED. (2018). *ORIENTACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN PROSPECTIVA Y CORRECTIVA DEL RIESGO DE DESASTRES EN LOS GOBIERNOS REGIONALES Y LOCALES*. Lima: IMPRESIONARTEPERU.
- CENTRO DE ESTUDIOS Y PREVENCIÓN DE DESASTRES. (2000). *ESTUDIO DE RIESGO Y PROPUESTA DE PREVENCIÓN DE LA QUEBRADA PEDREGAL*. Lima: PREDES.
- Chow, V., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá: McGRAW-HILL.
- CIVIL, I. N. (2006). *MANUAL BASICO PARA LA ESTIMACION DEL RIESGO*. Lima: INDECI.
- Cobbing, J., & Sánchez F., A. (1996). *MAPA GEOLOGICO DEL CUADRANGULO DE YANAHUANCA*. Lima: INGEMMET.
- Cobbing, J., Sánchez F., A., Martínez V., W., & Zárate O., H. (1996). *GEOLOGÍA DE LOS CUADRANGULOS DE HUARAZ, RECUAY, LA UNION, CHIQUIAN Y YANAHUANCA*. Lima: INGEMMET.
- Coburn, A., Spence, R., & Pomonis, A. (1991). *Mitigación de Desastres*. Cambridge: UNDRO.
- CORREO, D. (14 de Febrero de 2013). *DIARIO CORREO*. Obtenido de PERÚ: Huaico deja incomunicado a Yanahuanca: <https://diariocorreo.pe/peru/huaico-deja-incomunicado-a-yanahuanca-185582/?ref=dcr>
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. México: LIMUSA.
- CYPE Ingenieros, S. A. (s.f.). *Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción*. Obtenido de Generador de Precios.Perú: <http://www.peru.generadordeprecios.info/>
- Das, B. (2010). *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA*. México: Thomson Learning.

- Díaz Haro, M. Á., & Espinoza Ramos, J. (2017). *ALTERNATIVA PARA RETENER EL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS MEDIANTE PRESAS TIPO SABO Y BARRERAS FLEXIBLES CON FINES DE MITIGACIÓN DE HUAYCOS EN LA QUEBRADA SAN ILDEFONSO-TRUJILLO 2017 (Tesis de Pre-Grado)*. Trujillo: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.
- Díaz Pardavé, M. (2017). *ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y SEDIMENTACIÓN DE SUELOS*. Lima: UNI.
- Díaz-Onofre, O. (2003). *FUNDAMENTOS DE LA HIDRÁULICA DE HUAYCOS*. Iquitos: XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil.
- Diwer. (7 de Abril de 2009). *ALLPANCHIK*. Obtenido de TRAGEDIA EN YANAHUANCA: <http://allpanchik.blogspot.com/2009/04/tragedia-en-yanahuanca-pasco-el-dia.html>
- Gámez Morales, W. (2009). *TEXTO BÁSICO DE HIDROLOGÍA*. Managua: Editronic.
- García Chaca, R. L. (2016). *ALTERNATIVAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA QUEBRADA CANTUTA II CON FINES DE MITIGACIÓN DE HUAYCOS (Tesis de Pre grado)*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL LA AGRARIA.
- GEOCATMIN. (2017). *INGEMMET: GEOCATMIN*. Obtenido de GEOCATMIN - SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOLÓGICO Y CATASTRAL MINERO: <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Gerencia de Restauración Forestal. (2018). *PROTECCIÓN, RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DE SUELOS FORESTALES - Manual de obras y prácticas*. Zapopan: CONAFOR.
- González Blandón, C. M. (2012). *MECANISMO DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA DINÁMICA EN ESTRUCTURAS DE RETENCIÓN CON INCLUSIONES COMPRESIBLES (Tesis de Doctorado)*. México: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- González de Vallejo, L. I. (2004). *INGENIERÍA GEOLÓGICA*. Madrid: PRINTED IN SPAIN.
- Gutiérrez Baca, C. (2018). *DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LA ZONA ALEDAÑA AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN (Tesis de Pre Grado)*. Cusco: UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. México: McGRAW-HILL Education.
- Juarez Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (2011). *MÉCANICA DE SUELOS - TOMO I FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DE SUELOS*. México: LIMUSA.
- Kuroiwa Horiuchi, J. (2005). *REDUCCIÓN DE DESASTRES*. Lima: BRUÑO.
- Leoncio Avalos, M. E. (2015). *ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE MUROS DE CONTENCIÓN POR GRAVEDAD, EN VOLADIZO Y SUELO REFORZADO (Tesis de Pre-grado)*. Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
- López Martínez, R., & Oropeza Mota, J. (2009). *PRESAS DE MAMPOSTERÍA*. Montecillos: SAGARPA.

- López Martínez, R., & Oropeza Mota, J. L. (2009). *PRESAS DE GAVIONES*. Montecillos: SAGARPA.
- Luque Poma, G., & Rosado Seminario, M. (2013). *ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA REGIÓN PASCO*. Lima: INGEMMET.
- Milla Vergara, E. A. (2000). *ENFOQUE GEOTÉCNICO TEÓRICO - EXPERIMENTAL DE LOS HUAYCOS (Tesis de Maestría)*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2012). *MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE*. Lima: MTC.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. (2019). E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE. En C. Y. MINISTERIO DE VIVIENDA, *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES* (pág. 80). Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Núñez Candiotti, I. J. (2020). *Comportamiento estructural y diseño del muro de contención en voladizo de concreto armado para el sostenimiento de talud, ciudad de Huancayo - 2018 (Tesis de pre - grado)*. Huancayo: UNIVERSIDAD CONTINENTAL.
- PASCO, G. R. (2015). *ESTUDIO DE DIAGNOSTICO Y ZONIFICACION PARA EL TRATAMIENTO DE LA DEMARCACION TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DANIEL CARRION*. Cerro de Pasco: SGPEOT/OOT.
- Raráz Janampa, M. H. (2020). *INFLUENCIA DEL VOLUMEN DE DESCARGA MÁXIMA DE AGUA EN LOS FLUJOS DE ESCOMBROS EN LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU DEL DISTRITO DE YANAHUANCA, DANIEL ALCIDES CARRIÓN - PASCO (manuscrito no publicado)*. Cerro de Pasco: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN.
- SIGRID. (2018). *INGEMMET: SIGRID V3*. Obtenido de SIGRID - SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES: <http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/mapa#>
- Solorzano Lopez, J. A. (s.f.). *Física: Fricción*. Obtenido de Fricción: <http://utmfisica.blogspot.com/p/friccion-cuando-dos-superficies-estan.html>
- Suárez Días, J. (2009). *DESLIZAMIENTOS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Ulloa, F. (2011). *MANUAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE PARA COMUNICADORES SOCIALES*. Lima: UNESCO.
- VanDine, D. (1996). *Debris Flow Control Structures for Forest Engineering*. British Columbia: Ministry of Forests Research Program.
- Villón Béjar, M. (2002). *HIDROLOGÍA*. Lima: Villón.
- Wikipedia. (9 de Setiembre de 2020). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Corrimientos\\_de\\_tierra\\_en\\_Per%C3%BA](https://es.wikipedia.org/wiki/Corrimientos_de_tierra_en_Per%C3%BA)

# ANEXOS

*Anexo N° 1 – CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO*

*Anexo N° 2 – CÁLCULOS PARA DISEÑO DE DIQUES DE CONTROL*

*Anexo N° 3 – FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN*

*Anexo N° 4 – PANEL FOTOGRÁFICO*

*Anexo N° 5 – PLANOS*

# **ANEXO N° 1**

## ***CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO***

**PROYECTO TESIS:**  
**“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”**

**GEOTECNIA**  
**ESTUDIO DE SUELOS**  
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

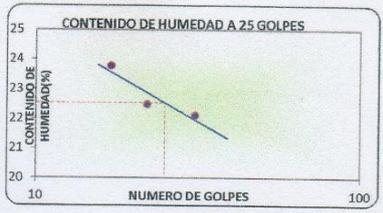
**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
 CALICATA : CALICATA  
 UBICACIÓN : Yanahuanca  
 MUESTRA : C-1 : M-1

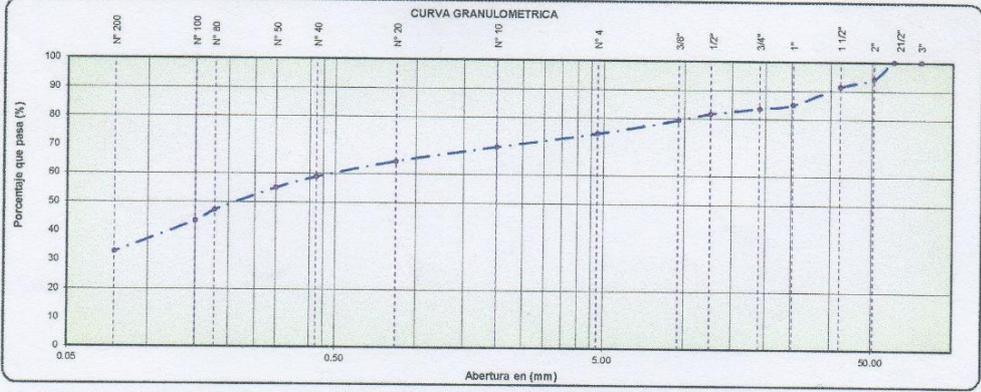
COORDENADAS : N: 8839507  
 E: 334024  
 COTA: 3319

SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA  
 FECHA: 27/08/2019  
 REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	
2 1/2"	60.350	100.00	
<b>Pesos de Muestra</b>			
			Peso Total : 10000 gr.
			Peso de Grava : 2543 gr.
			Peso de Arena : 7457 gr.
			Fracc. < N° 4 : 2542.79 gr.
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>			
			Límite Líquido : 23 %
			Límite Plástico : 20 %
			Índice Plástico : 3 %
<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>			
			A.A.S.H.T.O : A - 2
			S.U.C.S. : SC
			Humedad Natural (%) : 3.80 %
			Materia orgánica (%) : 0.0
<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>			
			ARENA ARCILLOSA CON GRAVA



**OBSERVACIONES**  
 El contenido de humedad para los 25 golpes del del diagrama semilogarítmico es al LL = 23



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
 Jorge Campos Angulo  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
 Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 134352

Calle Tarma N° 215  
 Paragsha – Simón Bolívar  
 Cerro de Pasco.

☎ (063) 421918  
 📠 RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
 zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
 www.zemcoingenieros.com

PROYECTO TESIS:

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

GEOTECNIA

ESTUDIO DE SUELOS  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

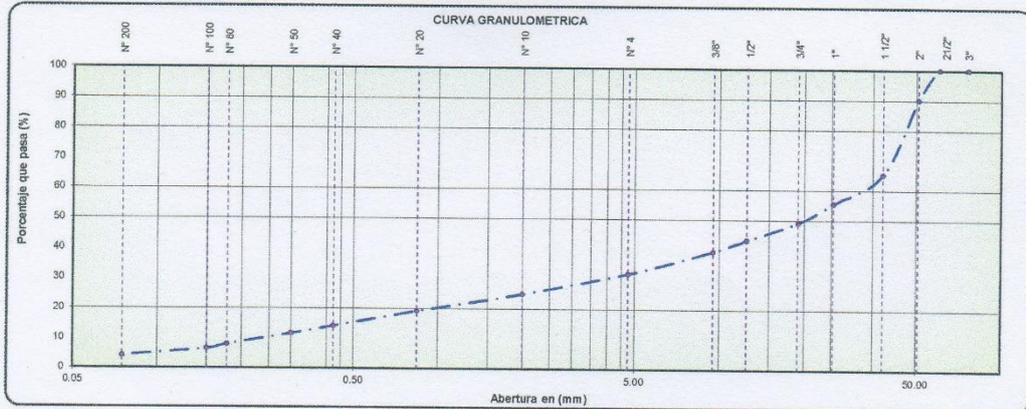
DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
CALICATA : CALICATA COORDENADAS : N: 8839507 SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA  
UBICACIÓN : Yanahuanca E: 334024 FECHA: 27/09/2019  
MUESTRA : C-1 : M-2 COTA: 3319 REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	<b>Pesos de Muestra</b> Peso Total : 10000 gr. Peso de Grava : 6817 gr. Peso de Arena : 3183 gr. Fracc. < N° 4 : 6817.13 gr.
2 1/2"	60.350	100.00	
2"	50.800	90.15	
1 1/2"	38.100	85.35	
1"	25.400	55.44	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> Límite Líquido : NL % Límite Plástico : NP % Índice Plástico : NP %
3/4"	19.000	49.08	
1/2"	12.500	43.22	
3/8"	9.500	39.36	
N° 4	4.750	31.83	<b>GLASIFICACIÓN DEL SUELO</b> A.A.S.H.T.O : A - 1 S.U.C.S. : GP Humedad Natural (%) : 3.28 % Materia orgánica (%) : 0.0
N° 10	2.000	24.97	
N° 20	0.840	19.25	
N° 40	0.425	14.29	
N° 50	0.300	11.72	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b> GRAVA MAL GRADUADA CON ARENA
N° 80	0.177	8.04	
N° 100	0.150	6.54	
N° 200	0.075	4.23	
< N° 200	Fondo	0.00	



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = NL



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
Paragsha - Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

☎ (063) 421918  
📞 RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

🌐 Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

**PROYECTO TESIS:**

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-2 : M-1

COORDENADAS : N: 8839487

E: 334071

COTA: 3339

SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA

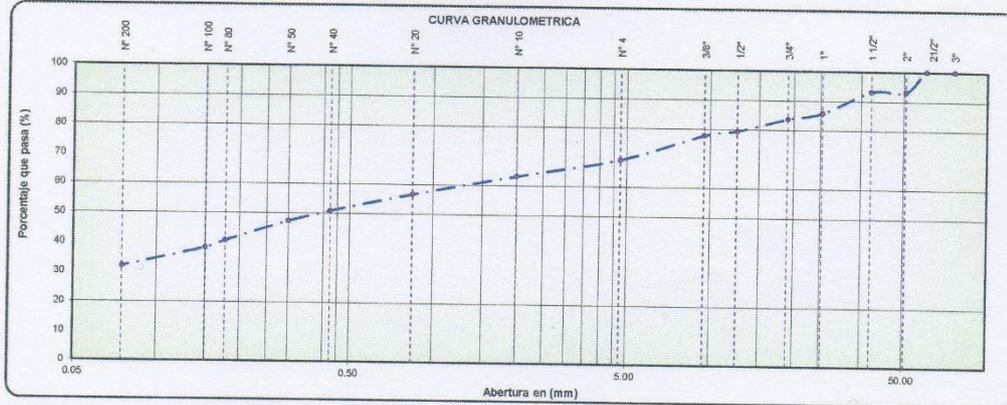
FECHA: 27/09/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	<b>Posos de Muestra</b>
2 1/2"	60.350	100.00	
2"	50.800	93.20	
1 1/2"	38.100	93.20	
1"	25.400	85.87	Fracc. < N° 4 : 3070.53 gr.
3/4"	19.000	83.68	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	79.45	Límite Líquido : 30 %
3/8"	9.500	77.83	Límite Plástico : 25 %
N° 4	4.750	69.29	Índice Plástico : 5 %
N° 10	2.000	63.18	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	56.89	A.A.S.H.T.O : A - 2
N° 40	0.425	50.89	S.U.C.S. : SM
N° 50	0.300	47.37	Humedad Natural (%) : 6.12 %
N° 80	0.177	40.75	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	38.29	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
N° 200	0.075	31.97	ARENA LIMOSA CON GRAVA
< N° 200	Fondo	0.00	



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 30



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
Paragsha - Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063) 421918  
RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

**PROYECTO TESIS:**

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-2 : M-2

COORDENADAS : N° 8839487

E: 334071

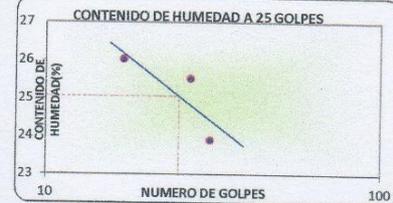
COTA: 3339

SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA

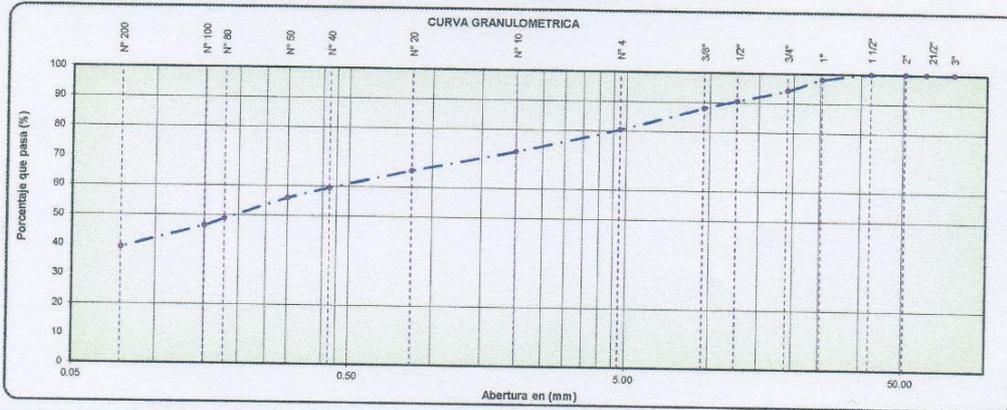
FECHA: 27/09/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	<b>Pesos de Muestra</b> Peso Total : 10000 gr. Peso de Grava : 1949 gr. Peso de Arena : 8051 gr. Fracc. < N° 4 : 1948.82 gr.
2 1/2"	60.350	100.00	
2"	50.800	100.00	
1 1/2"	38.100	100.00	
1"	25.400	98.06	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> Limite Líquido : 25 % Limite Plástico : 23 % Indice Plástico : 2 %
3/4"	19.000	94.31	
1/2"	12.500	90.58	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b> A.A.S.H.T.O : A - 4 S.U.C.S. : SM Humedad Natural (%) : 7.20 % Materia orgánica (%) : 0.0
3/8"	9.500	88.05	
N° 4	4.750	80.51	
N° 10	2.000	72.59	
N° 20	0.840	66.62	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b> ARENA LIMOSA CON GRAVA
N° 40	0.425	59.45	
N° 50	0.300	55.90	
N° 80	0.177	48.79	
N° 100	0.150	46.43	
N° 200	0.075	39.09	
< N° 200	Fondo	0.00	



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 25



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063) 421918  
RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

**PROYECTO TESIS:**

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
 CALICATA : CALICATA  
 UBICACIÓN : Yanahuanca  
 MUESTRA : C-3 : M-1

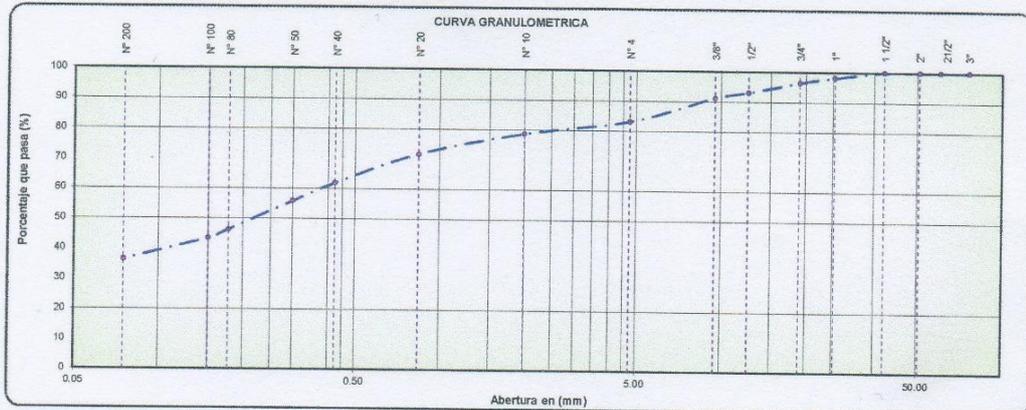
COORDENADAS : N: 6839464  
 E: 334180  
 COTA: 3341

SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA  
 FECHA: 27/08/2019  
 REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	
2 1/2"	60.350	100.00	<b>Pesos de Muestra</b>
2"	50.800	100.00	Peso Total : 10000 gr.
1 1/2"	38.100	100.00	Peso de Grava : 1686 gr.
1"	25.400	98.14	Peso de Arena : 8314 gr.
3/4"	19.000	96.47	Fracc. < N° 4 : 1685.53 gr.
1/2"	12.500	93.09	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
3/8"	9.500	91.26	Límite Líquido : 22 %
N° 4	4.750	83.14	Límite Plástico : 17 %
N° 10	2.000	78.75	Índice Plástico : 5 %
N° 20	0.840	71.81	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 40	0.425	61.98	A.A.S.H.T.O : A - 4
N° 50	0.300	55.88	S.U.C.S. : SC
N° 80	0.177	46.25	Humedad Natural (%) : 4.93 %
N° 100	0.150	43.45	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 200	0.075	38.45	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
< N° 200	Fondo	0.00	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA



**OBSERVACIONES**  
 El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 22



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
 Jorge Campos Angulo  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
 Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
 INGENIERO CIVIL  
 GIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
 Paragsha - Simón Bolívar  
 Cerro de Pasco.

(063) 421918  
 RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
 zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
 www.zemcoingenieros.com

**PROYECTO TESIS:**

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

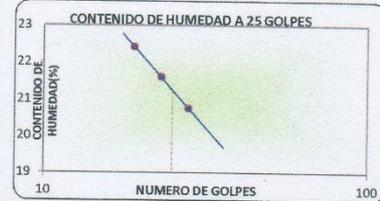
**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
CALICATA : CALICATA  
UBICACIÓN : Yanahuanca  
MUESTRA : C-4 : M-1

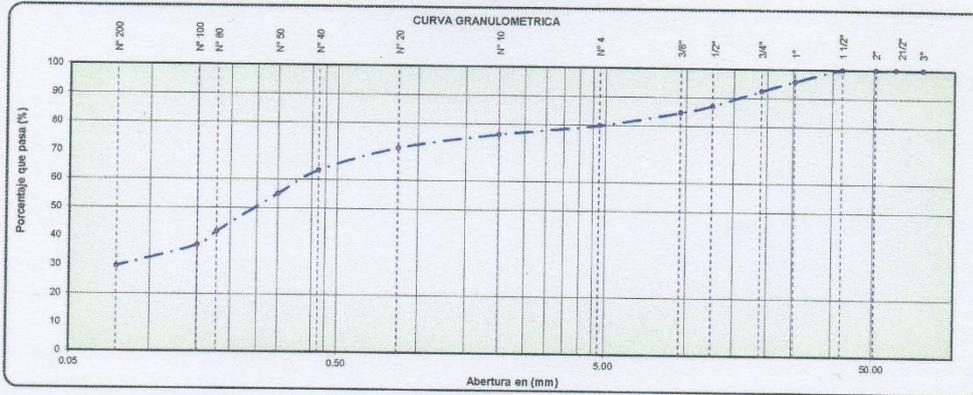
COORDENADAS : N: 8839424  
E: 334357  
COTA: 3364

SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA  
FECHA: 27/08/2019  
REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	
<b>Pesos de Muestra</b>			
2 1/2"	60.350	100.00	Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	100.00	Peso de Grava : 2011 gr.
1 1/2"	36.100	100.00	Peso de Arena : 7989 gr.
1"	25.400	95.66	Fracc. < N° 4 : 2011.00 gr.
3/4"	19.000	92.46	
1/2"	12.500	87.16	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
3/8"	9.500	84.64	Límite Líquido : 21 %
N° 4	4.750	79.89	Límite Plástico : 18 %
N° 10	2.000	76.41	Índice Plástico : 3 %
<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>			
N° 20	0.840	71.40	A.A.S.H.T.O : A - 2
N° 40	0.425	63.32	S.U.C.S. : SC
N° 50	0.300	54.98	Humedad Natural (%) : 3.95 %
N° 80	0.177	41.73	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	37.02	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
N° 200	0.075	29.64	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
< N° 200	Fondo	0.00	



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semi-logarítmico es el LL = 21



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063) 421918  
RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

**PROYECTO TESIS:**

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E-108, ASTM D 2218

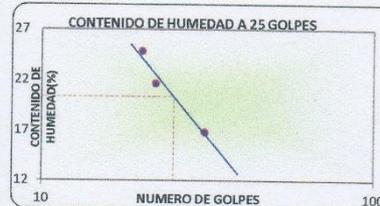
**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
 CALICATA : CALICATA  
 UBICACIÓN : Yanahuanca  
 MUESTRA : C-4 : M-2

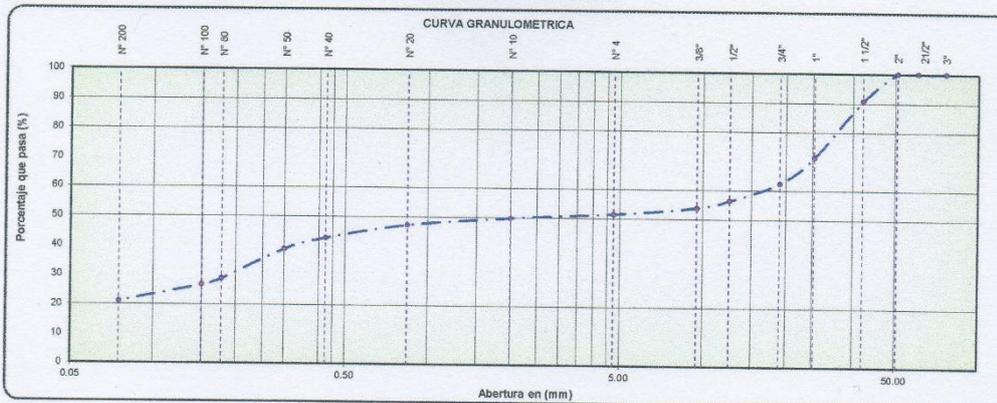
COORDENADAS : N: 8939424  
 E: 334357  
 COTA: 3364

SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA  
 FECHA: 27/08/2019  
 REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	
2 1/2"	60.350	100.00	<b>Pesos de Muestra</b>
2"	50.800	100.00	Peso Total : 10000 gr.
1 1/2"	38.100	90.80	Peso de Grava : 4850 gr.
1"	25.400	71.40	Peso de Arena : 5150 gr.
3/4"	19.000	82.41	Fracc. < N° 4 : 4850.16 gr.
1/2"	12.500	56.36	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
3/8"	9.500	53.88	Límite Líquido : 20 %
N° 4	4.750	51.50	Límite Plástico : 18 %
N° 10	2.000	49.89	Índice Plástico : 2 %
N° 20	0.840	47.25	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 40	0.425	42.75	A.A.S.H.T.O : A - 1
N° 50	0.300	38.91	S.U.C.S. : GC
N° 80	0.177	28.74	Humedad Natural (%) : 3.60 %
N° 100	0.150	26.87	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 200	0.075	21.09	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
< N° 200	Fondo	0.00	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA



**OBSERVACIONES**  
 El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 20



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
 Jorge Campos Angulo  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
 Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
 Paragsha – Simón Bolívar  
 Cerro de Pasco.

(063) 421918  
 RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
 zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
 www.zemcoingenieros.com

**PROYECTO TESIS:**

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

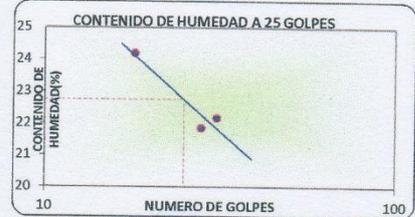
**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

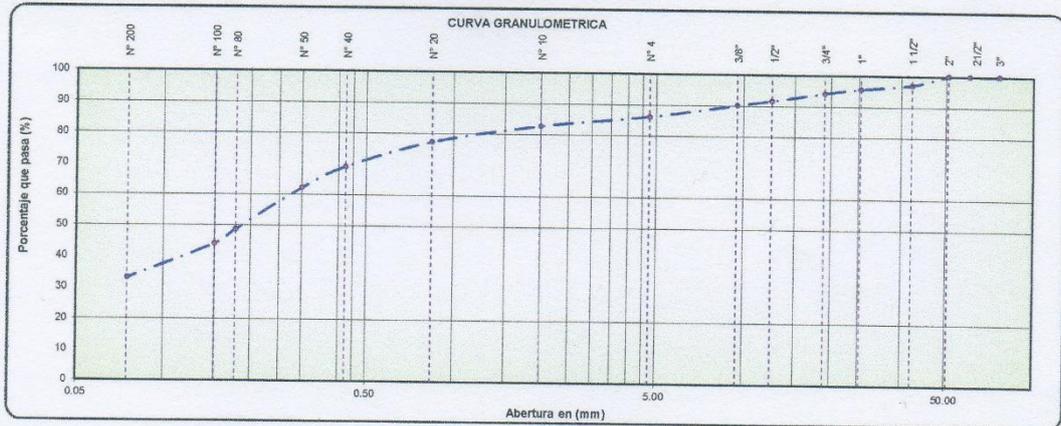
**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO	COORDENADAS : N: 8839435	SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA
CALICATA : CALICATA	E: 334521	FECHA: 27/09/2019
UBICACIÓN : Yanahuanca	COTA: 3374	REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA : C-5 : M-1		

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200	100.00	<b>Pesos de Muestra</b>	
2 1/2"	60.350	100.00		Peso Total : 10000 gr.
2"	50.800	100.00	Peso de Grava : 1376 gr.	
1 1/2"	38.100	97.14	Peso de Arena : 8624 gr.	
1"	25.400	95.67	Fracc. < N° 4 : 1376.03 gr.	
3/4"	19.000	94.22	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
1/2"	12.500	91.69		Límite Líquido : 23 %
3/8"	9.500	90.15		Límite Plástico : 19 %
N° 4	4.750	86.24	Índice Plástico : 4 %	
N° 10	2.000	82.77	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>	
N° 20	0.840	77.38		A.A.S.H.T.O : A - 2
N° 40	0.425	69.21	S.U.C.S. : SC	
N° 50	0.300	62.25	Humedad Natural (%) : 6.92 %	
N° 80	0.177	48.73	Materia orgánica (%) : 0.0	
N° 100	0.150	44.12	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>	
N° 200	0.075	33.12		ARENA ARCILLOSA
< N° 200	Fondo	0.00		



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 23



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063) 421918  
RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

PROYECTO TESIS:

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

GEOTECNIA

ESTUDIO DE SUELOS  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-5 : M-2

COORDENADAS : N: 8839435

E: 334521

COTA:

SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA

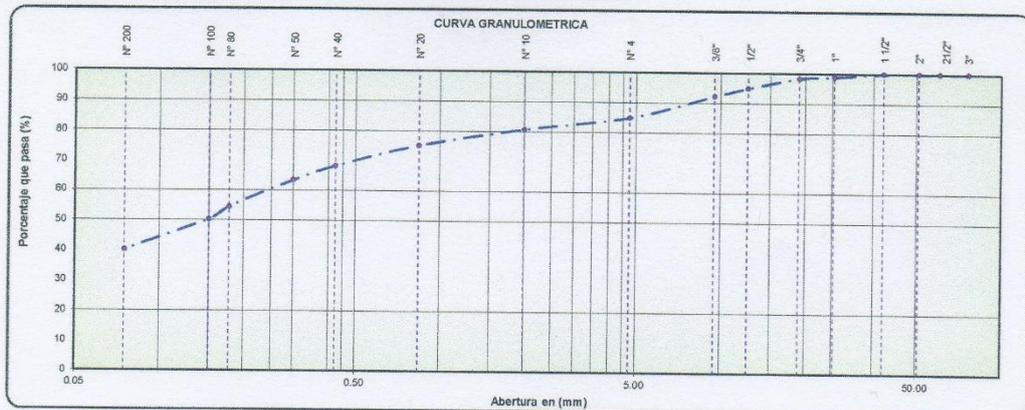
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	Pesos de Muestra Peso Total : 10000 gr. Peso de Grava : 1506 gr. Peso de Arena : 8494 gr.
2 1/2"	60.350	100.00	
2"	50.800	100.00	
1 1/2"	38.100	100.00	
1"	25.400	98.87	Fracc. < N° 4 : 1505.94 gr.
3/4"	19.000	98.31	LÍMITES DE CONSISTENCIA Límite Líquido : 18 % Límite Plástico : 16 % Índice Plástico : 2 %
1/2"	12.500	94.99	
3/8"	9.500	92.27	
N° 4	4.750	84.94	
N° 10	2.000	80.73	CLASIFICACIÓN DEL SUELO A.A.S.H.T.O : A - 4 S.U.C.S. : SC Humedad Natural (%) : 8.20 % Materia orgánica (%) : 0.0
N° 20	0.840	75.20	
N° 40	0.425	68.26	
N° 60	0.300	63.38	
N° 80	0.177	54.42	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
N° 100	0.150	50.26	
N° 200	0.075	40.15	
< N° 200	Fondo	0.00	



OBSERVACIONES  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 18



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063) 421918  
RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

**PROYECTO TESIS:**

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO

CALICATA : CALICATA

UBICACIÓN : Yanahuanca

MUESTRA : C-6 : M-1

COORDENADAS : N: 8839408

E: 334581

COTA: 3399

SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA

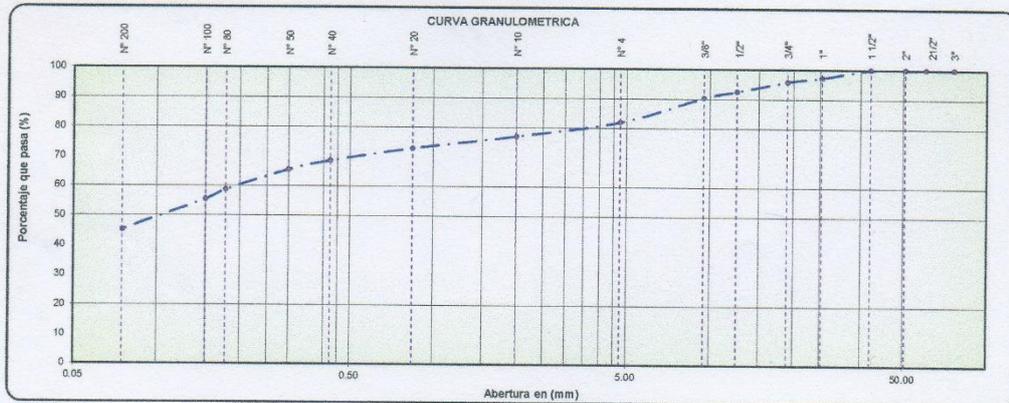
FECHA: 27/08/2019

REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	<b>Pesos de Muestra</b> Peso Total : 10000 gr. Peso de Grava : 1798 gr. Peso de Arena : 8202 gr.
2 1/2"	63.350	100.00	
2"	50.800	100.00	
1 1/2"	38.100	100.00	
1"	25.400	97.28	Frac. < N° 4 : 1797.87 gr.
3/4"	19.000	95.90	<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	92.55	Límite Líquido : 21 %
3/8"	9.500	90.41	Límite Plástico : 16 %
N° 4	4.750	82.02	Índice Plástico : 5 %
N° 10	2.000	77.08	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	72.93	A.A.S.H.T.O : A - 4
N° 40	0.425	68.66	S.U.C.S. : SC
N° 50	0.300	65.58	Humedad Natural (%) : 5.77 %
N° 80	0.177	58.67	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	55.47	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
N° 200	0.075	45.24	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
< N° 200	Fondo	0.00	



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es al LL = 21



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
Paragsha - Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063) 421918  
RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

**PROYECTO TESIS:**

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

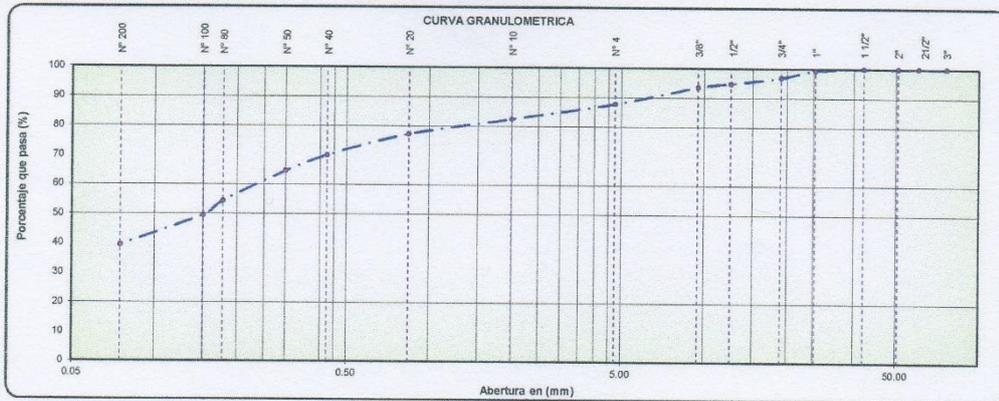
**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
 CALICATA : CALICATA COORDENADAS : N: 8839408 SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA  
 UBICACIÓN : Yanahuanca E: 334581 FECHA: 27/08/2019  
 MUESTRA : C-6: M-2 COTA: 3399 REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	Pesos de Muestra Peso Total : 10000 gr. Peso de Grava : 1217 gr. Peso de Arena : 8783 gr.
2 1/2"	60.350	100.00	
2"	50.800	100.00	
1 1/2"	38.100	100.00	Fracc. < N° 4 : 1217.27 gr.
1"	25.400	96.37	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> Límite Líquido : 21 % Límite Plástico : 16 % Índice Plástico : 5 %
3/4"	19.000	96.93	
1/2"	12.500	94.84	
3/8"	9.500	93.64	
N° 4	4.750	87.63	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b> A.A.S.H.T.O : A-4 S.U.C.S. : SC
N° 10	2.000	82.52	
N° 20	0.840	77.34	Humedad Natural (%) : 5.61 % Materia orgánica (%) : 0.0
N° 40	0.425	70.10	
N° 50	0.300	64.62	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b> ARENA ARCILLOSA
N° 80	0.177	54.33	
N° 100	0.150	49.49	
N° 200	0.075	39.43	
< N° 200	Fondo	0.00	



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 21



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIF N° 134352

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

☎ (063) 421918  
① RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

**PROYECTO TESIS:**  
**“EVALUACIÓN DE DIQMS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”**

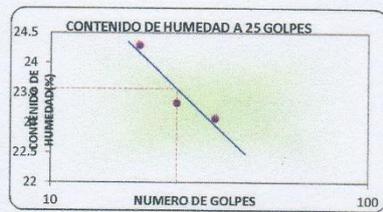
**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

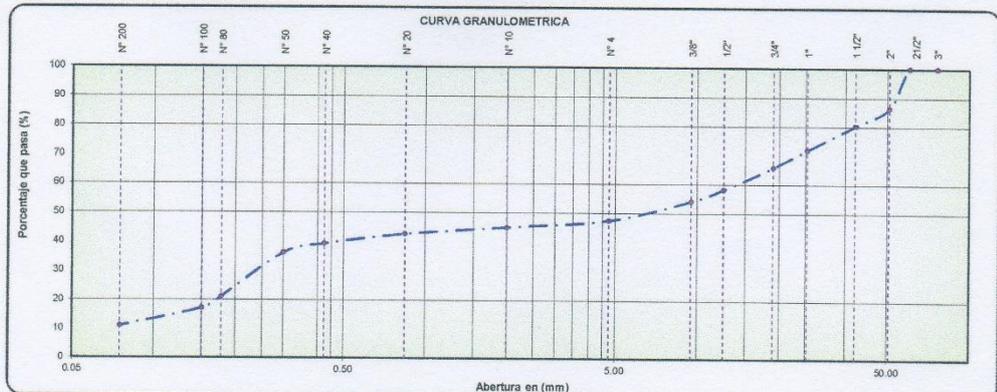
**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO	COORDENADAS : N° 8839495	SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA
CALICATA : CALICATA	E: 334037	FECHA: 27/08/2019
UBICACIÓN : Yanahuanca	COTA: 3339	REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA : C-7: M-1		

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	<b>Pesos de Muestra</b>
2 1/2"	60.350	100.00	Peso Total : 10000 gr
2"	50.800	86.49	Peso de Grava : 5252 gr
1 1/2"	38.100	80.33	Peso de Arena : 4748 gr
1"	25.400	72.04	Fracc. < N° 4 : 5251.83 gr
3/4"	18.000	65.97	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>
1/2"	12.500	58.20	Límite Líquido : 24 %
3/8"	9.500	54.16	Límite Plástico : 20 %
N° 4	4.750	47.48	Índice Plástico : 4 %
N° 10	2.000	45.05	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b>
N° 20	0.840	42.72	A.A.S.H.T.O : A - 1
N° 40	0.425	39.29	S.U.C.S. : GP - GC
N° 50	0.300	36.14	Humedad Natural (%) : 2.61 %
N° 80	0.177	21.08	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	17.23	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b>
N° 200	0.075	11.07	
< N° 200	Fondo	0.00	GRAVA MAL GRADUADA CON ARCILLA Y ARENA



**OBSERVACIONES**  
 El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es al LL = 24



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
 Jorge Campos Angulo  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
 Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
 Paragsha – Simón Bolívar  
 Cerro de Pasco.

(063) 421918  
 RPM #96365214

gerencia@zemcoingenieros.com  
 zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
 www.zemcoingenieros.com

PROYECTO TESIS:

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

GEOTECNIA

ESTUDIO DE SUELOS  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

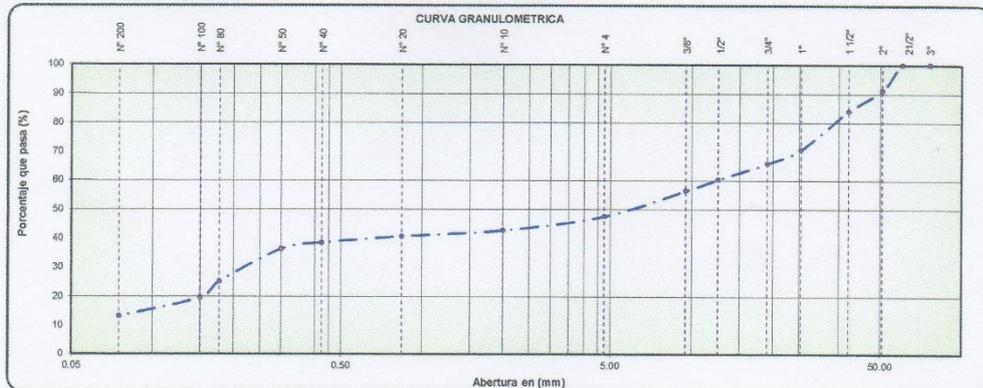
ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO	COORDENADAS : N: 8839068	SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA
CALICATA : CALICATA	E: 333961	FECHA: 27/09/2019
UBICACIÓN : Yanahuanca	COTA: 3603	REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.
MUESTRA : P 01 : Q 1		

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	Pesos de Muestra
2 1/2"	60.350	100.00	
2"	50.800	91.22	Peso de Grava : 5238 gr
1 1/2"	38.100	84.15	Peso de Arena : 4762 gr
1"	25.400	70.76	Fracc. < N° 4 : 5237.65 gr
3/4"	19.000	65.97	LIMITES DE CONSISTENCIA
1/2"	12.500	60.35	Límite Líquido : NL %
3/8"	9.500	56.45	Límite Plástico : NP %
N° 4	4.750	47.62	Índice Plástico : NP %
N° 10	2.000	42.83	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 20	0.840	40.77	A.A.S.H.T.O : A - 1
N° 40	0.425	38.56	S.U.C.S. : GM , GC
N° 50	0.300	36.40	Humedad Natural (%) : 3.76 %
N° 80	0.177	25.19	Materia orgánica (%) : 0.0
N° 100	0.150	19.69	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO
N° 200	0.075	13.25	
< N° 200	Fondo	0.00	GRAVA LIMOSA CON ARENA



OBSERVACIONES

El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = NL



Observaciones: las muestras fueron identificadas, muestreadas y remitidas al laboratorio por el solicitante



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
*Marcos Antonio Espinoza Bustillos*  
Marcos Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063) 421918  
RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

**PROYECTO TESIS:**

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

**GEOTECNIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

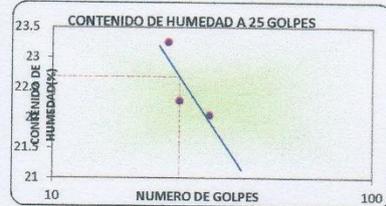
**DATOS DE LA MUESTRA**

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
CALICATA : CALICATA  
UBICACIÓN : Yanahuanca  
MUESTRA : P-01 : Q-2

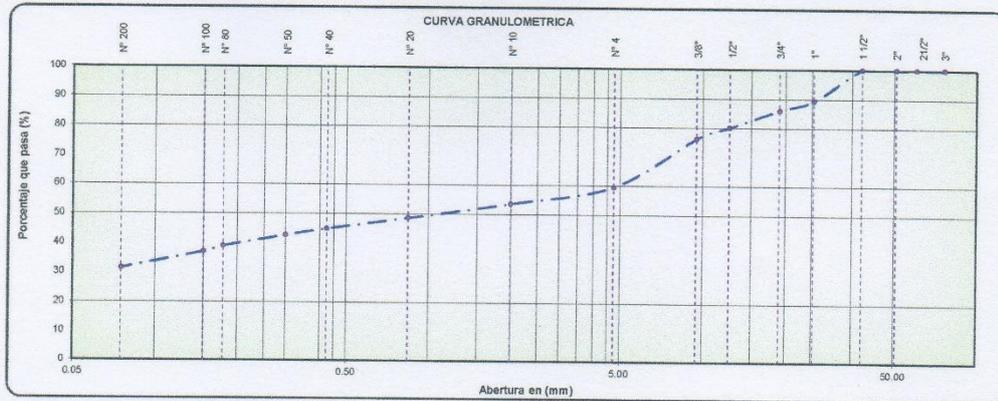
COORDENADAS : N: 8839171  
E: 334139  
COTA: 3993

SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA  
FECHA: 27/08/2019  
REALIZADO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS SAC.

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	<b>Pesos de Muestra</b> Peso Total : 10000 gr. Peso de Grava : 4044 gr. Peso de Arena : 5956 gr. Fracc. < N° 4 : 4043.52 gr.
2 1/2"	60.350	100.00	
2"	50.800	100.00	
1 1/2"	38.100	100.00	
1"	25.400	89.44	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> Límite Líquido : 23 % Límite Plástico : 18 % Índice Plástico : 5 %
3/4"	19.000	86.05	
1/2"	12.500	80.14	<b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</b> A.A.S.H.T.O : A - 2 S.U.C.S. : GC
3/8"	9.500	76.32	
N° 4	4.750	59.56	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b> Humedad Natural (%) : 4.70 % Materia orgánica (%) : 0.0
N° 10	2.000	53.61	
N° 20	0.840	45.68	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</b> GRAVA ARCILLOSA CON ARENA
N° 40	0.425	44.91	
N° 50	0.300	42.70	
N° 80	0.177	38.92	
N° 100	0.150	37.02	
N° 200	0.075	31.47	
< N° 200	Fondo	0.00	



**OBSERVACIONES**  
El contenido de humedad para los 25 golpes del diagrama semilogarítmico es el LL = 23



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Jorge Campos Angulo  
Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
Paragsha - Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

(063) 421918  
RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

PROYECTO TESIS:

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

GEOTECNIA

METODO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS NO DRENADAS NTP 339.171

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA	: MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	KATYA BARRERA MALPARTIDA
CALICATA	: CALICATA	FECHA:	27/08/2019
UBICACIÓN	: YANAHUANCA	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS S.A.C.
MUESTRA	: C-1 : M-2		
COORDENADAS	: N: 8939507 E: 334024 COTA: 3319		

DATOS DE LA CAJA DE CORTE

Diametro	: 6.24	cm
Altura	: 2.54	cm
Area	: 30.58	cm <sup>2</sup>
Volumen	: 77.68	cm <sup>3</sup>
Velocidad de corte	: 0.25	mm/min
		digitos 190

Datos del suelo

Peso del suelo	: 133.84	gr
Humedad	: 3.3	%
den. Humeda para remoldeo	: 1.723	g/cm <sup>3</sup>
den. Seca para remoldeo	: 1.668	g/cm <sup>3</sup>

CONSOLIDACION

49 kN/m <sup>2</sup>		98 kN/m <sup>2</sup>		147 kN/m <sup>2</sup>	
Tiempo	Lectura vertical (mm)	Tiempo	Lectura vertical (mm)	Tiempo	Lectura vertical (mm)
5"	0.051	5"	0.688	5"	1.394
10"	0.056	10"	0.709	10"	1.433
15"	0.062	15"	0.723	15"	1.456
30"	0.074	30"	0.749	30"	1.498
60"	0.081	60"	0.771	60"	1.539
2"	0.088	2"	0.799	2"	1.590
4"	0.097	4"	0.818	4"	1.620
8"	0.114	8"	0.838	8"	1.645
15"	0.124	15"	0.851	15"	1.664
30"	0.140	30"	0.873	30"	1.694

Aplicacion de estuerzo cortante

LECTURAS		49 kN/m <sup>2</sup>		98 kN/m <sup>2</sup>		147 kN/m <sup>2</sup>	
Deformación tangencial (mm)	Tiempo transcurrido (min)	Lectura de Carga (KN)	Deformacion Vertical (mm)	Lectura de Carga (KN)	Deformacion Vertical (mm)	Lectura de Carga (KN)	Deformacion Vertical (mm)
0.00	0.00	0.000	0.179	0.000	0.892	0.000	1.695
0.06	0.15	0.014	0.185	0.022	0.900	0.031	1.705
0.13	0.30	0.017	0.188	0.024	0.915	0.040	1.733
0.19	0.45	0.022	0.192	0.029	0.931	0.043	1.763
0.25	1.00	0.025	0.194	0.033	0.944	0.047	1.789
0.38	2.30	0.028	0.205	0.037	0.973	0.052	1.838
0.51	2.00	0.031	0.212	0.042	1.001	0.059	1.890
0.64	2.30	0.034	0.228	0.046	1.033	0.063	1.942
0.76	3.00	0.036	0.242	0.051	1.058	0.068	1.979
0.89	3.30	0.037	0.254	0.055	1.082	0.074	2.019
1.02	4.00	0.039	0.265	0.059	1.106	0.079	2.058
1.14	4.30	0.042	0.275	0.064	1.120	0.083	2.078
1.27	5.00	0.043	0.285	0.066	1.138	0.088	2.105
1.91	7.30	0.048	0.323	0.073	1.212	0.103	2.223
2.54	10.00	0.050	0.353	0.077	1.265	0.115	2.304
3.18	12.30	0.053	0.370	0.081	1.297	0.126	2.354
3.81	15.00	0.056	0.391	0.088	1.332	0.137	2.407
4.45	17.30	0.059	0.405	0.092	1.358	0.146	2.447
5.08	20.00	0.060	0.424	0.097	1.380	0.155	2.475
5.72	22.30	0.062	0.436	0.101	1.394	0.164	2.491
6.35	25.00	0.056	0.447	0.099	1.406	0.160	2.506



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



**ZEMCO INGENIEROS S.A.C.**  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
 Paragsha – Simón Bolívar  
 Cerro de Pasco.

☎ (063) 421918  
 📠 RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
 zemcoingenieros@gmail.com

📍 Zemco Ingenieros SAC  
 www.zemcoingenieros.com

PROYECTO TESIS:

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

GEOTECNIA

METODO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS NO DRENADAS NTP 339.171

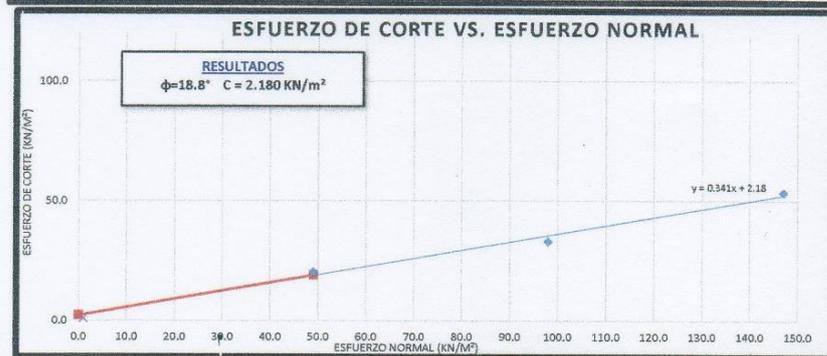
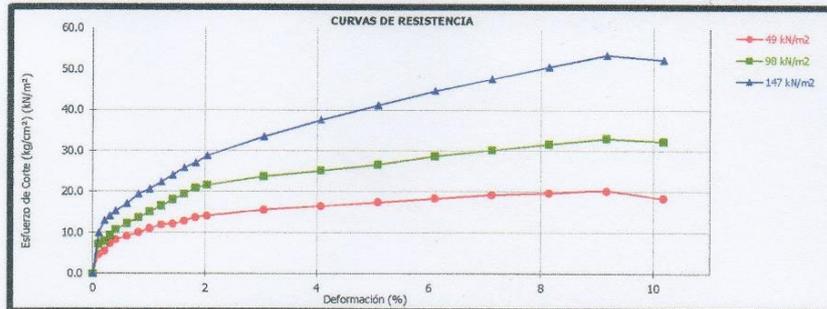
DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA	: MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	KATYA BARRERA MALPARTIDA
CALICATA	: CALICATA	FECHA:	27/09/2019
UBICACIÓN	: YANAHUANCA	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS S.A.C.
MUESTRA	: C-1 : M-2		
COORDENADAS	: N: 8839507 E: 334024 COTA: 3319		

Contenido de humedad	49 kN/m <sup>2</sup>		98 kN/m <sup>2</sup>		147 kN/m <sup>2</sup>	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Tara N°	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05	T-06
Peso de tara (g)	60.0	60.0	66.0	66.0	55.0	54.0
Peso de tara + suelo húmedo (g)	193.8	204.5	199.8	210.5	188.8	198.5
peso de tara + suelo seco (g)	189.4	198.0	195.4	203.9	184.4	192.2
% de Humedad	3.39	4.71	3.39	4.85	3.39	4.56

Esfuerzo Normal (kN/m <sup>2</sup> )	Esfuerzo Corte (kN/m <sup>2</sup> )
49	20.143
98	33.092
147	53.562

C	2.180	kN/m <sup>2</sup>
φ	18.8	Grados



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLO**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

Calle Tarima N° 215  
 Paragsha – Simón Bolívar  
 Cerro de Pasco.

(063) 421918  
 RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
 zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
 www.zemcoingenieros.com

PROYECTO TESIS:

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

GEOTECNIA

METODO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS NO DRENADAS NTP 339.171

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA	: MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	KATYA BARRERA MALPARTIDA
CALCATA	: CALCATA	FECHA:	27/08/2018
UBICACIÓN	: YANAHUANCA	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS S.A.C.
MUESTRA	: C-4 : M-2		
COORDENADAS	: N: 8838424 E: 334357 COTA: 3364		

DATOS DE LA CAJA DE CORTE

Díametro	: 6.24	cm
Altura	: 2.54	cm
Area	: 30.58	cm <sup>2</sup>
Volumen	: 77.68	cm <sup>3</sup>
Velocidad de corte	: 0.25	mm/min
	digitos	190

Datos del suelo

Peso del suelo	: 134.15	gr
Humedad	: 3.6	%
den. Humeda para remoldeo	: 1.727	g/cm <sup>3</sup>
den. Seca para remoldeo	: 1.667	g/cm <sup>3</sup>

CONSOLIDACION

49 kN/m <sup>2</sup>		98 kN/m <sup>2</sup>		147 kN/m <sup>2</sup>	
Tiempo	Lectura vertical (mm)	Tiempo	Lectura vertical (mm)	Tiempo	Lectura vertical (mm)
5'	0.079	5'	0.472	5'	0.923
10'	0.090	10'	0.567	10'	1.072
15'	0.114	15'	0.608	15'	1.129
30'	0.131	30'	0.675	30'	1.197
60'	0.144	60'	0.722	60'	1.234
2"	0.152	2"	0.774	2"	1.274
4"	0.157	4"	0.814	4"	1.301
8"	0.170	8"	0.846	8"	1.327
15"	0.205	15"	0.876	15"	1.341
30"	0.240	30"	0.908	30"	1.349

Aplicación de esfuerzo cortante

LECTURAS		49 kN/m <sup>2</sup>		98 kN/m <sup>2</sup>		147 kN/m <sup>2</sup>	
Deformación tangencial (mm)	Tiempo transcurrido (min)	Lectura de Carga (KN)	Deformación Vertical (mm)	Lectura de Carga (KN)	Deformación Vertical (mm)	Lectura de Carga (KN)	Deformación Vertical (mm)
0.00	0.00	0.000	0.242	0.000	0.924	0.000	1.351
0.06	0.15	0.019	0.252	0.019	0.928	0.037	1.368
0.13	0.30	0.028	0.263	0.019	0.944	0.044	1.386
0.19	0.45	0.028	0.269	0.029	0.973	0.046	1.397
0.25	1.00	0.031	0.272	0.035	0.992	0.051	1.419
0.38	2.30	0.034	0.290	0.038	1.003	0.055	1.457
0.51	2.00	0.035	0.305	0.042	1.021	0.059	1.475
0.64	2.30	0.037	0.319	0.045	1.042	0.064	1.492
0.76	3.00	0.040	0.329	0.048	1.065	0.070	1.551
0.89	3.30	0.041	0.344	0.054	1.111	0.077	1.566
1.02	4.00	0.042	0.356	0.061	1.138	0.081	1.592
1.14	4.30	0.042	0.367	0.064	1.176	0.088	1.611
1.27	5.00	0.043	0.376	0.067	1.208	0.090	1.635
1.91	7.30	0.047	0.416	0.083	1.316	0.106	1.742
2.54	10.00	0.050	0.458	0.090	1.399	0.121	1.798
3.18	12.30	0.053	0.478	0.096	1.460	0.128	1.262
3.81	15.00	0.054	0.500	0.106	1.518	0.134	1.895
4.45	17.30	0.056	0.515	0.112	1.561	0.143	1.939
5.08	20.00	0.057	0.521	0.115	1.587	0.147	1.969
5.72	22.30	0.058	0.533	0.118	1.615	0.152	1.994
6.35	25.00	0.053	0.547	0.112	1.636	0.150	2.020



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
INGENIEROS S.A.C.  
*Jorge Campos Angulo*  
Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
INGENIEROS S.A.C.  
*Marco Antonio Espinoza Bustillos*  
Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
Paragsha – Simón Bolívar  
Cerro de Pasco.

☎ (063) 421918  
📠 RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
zemcoingenieros@gmail.com

📧 Zemco Ingenieros SAC  
www.zemcoingenieros.com

PROYECTO TESIS:

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

GEOTECNIA

METODO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS NO DRENADAS NTP 339.171

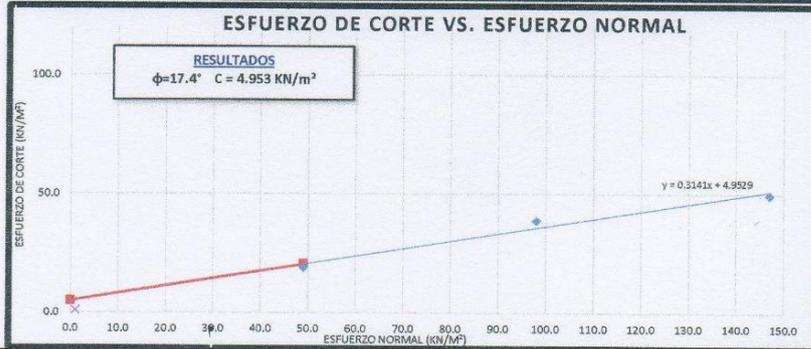
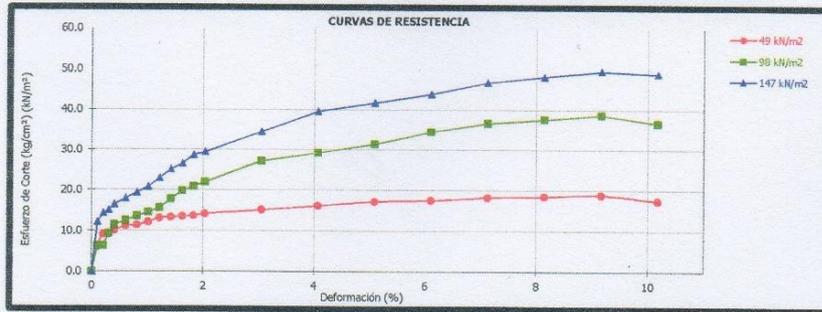
DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA  
 CALICATA : CALICATA  
 UBICACIÓN : YANAHUANCA FECHA: 27/08/2019  
 MUESTRA : C-4 : M-2 HECHO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
 COORDENADAS : N: 8839424 E: 334357 COTA: 3364

Contenido de humedad	49 kN/m <sup>2</sup>		98 kN/m <sup>2</sup>		147 kN/m <sup>2</sup>	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Tara N°	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05	T-06
Peso de tara (g)	60.0	60.0	66.0	66.0	55.0	54.0
Peso de tara + suelo húmedo (g)	194.1	204.9	200.1	210.9	189.1	198.9
peso de tara + suelo seco (g)	189.3	197.8	195.3	203.6	184.3	192.0
% de Humedad	3.73	5.17	3.73	5.33	3.73	5.01

Esfuerzo Normal (kN/m <sup>2</sup> )	Esfuerzo de Corte (kN/m <sup>2</sup> )
49	18.854
98	38.716
147	49.638

C	4.953	kN/m <sup>2</sup>
φ	17.4	Grados



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
 Jorge Campos Angulo  
 Técnico Laboratorio



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
 Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
 Paragsha – Simón Bolívar  
 Cerro de Pasco.

(063) 421918  
 RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
 zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
 www.zemcoingenieros.com

PROYECTO TESIS:

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

GEOTECNIA

METODO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS NO DRENADAS NTP 339.171

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA	: MATERIAL PROPIO	SOLICITANTE:	KATYA BARRERA MALPARTIDA
CALICATA	: CALICATA	FECHA:	27/08/2019
UBICACIÓN	: YANAHUANCA	HECHO POR:	Lab. ZEMCO INGENIEROS S.A.C.
MUESTRA	: C-5 : M-2		
COORDENADAS	: N: 9839435 E: 334521 COTA: 3374		

DATOS DE LA CAJA DE CORTE

Diametro	: 6.24	cm
Altura	: 2.54	cm
Area	: 30.58	cm <sup>2</sup>
Volumen	: 77.68	cm <sup>3</sup>
Velocidad de corte	: 0.25	mm/min
	digitos	190

Datos del suelo

Peso del suelo	: 126.69	gr
Humedad	: 8.2	%
den. Humeda para remoldeo	: 1.631	g/cm <sup>3</sup>
den. Seca para remoldeo	: 1.507	g/cm <sup>3</sup>

CONSOLIDACION

49 kN/m <sup>2</sup>		98 kN/m <sup>2</sup>		147 kN/m <sup>2</sup>	
Tiempo	Lectura vertical (mm)	Tiempo	Lectura vertical (mm)	Tiempo	Lectura vertical (mm)
5'	0.253	5'	1.301	5'	2.732
10'	0.289	10'	1.408	10'	2.909
15'	0.308	15'	1.543	15'	3.023
30'	0.332	30'	1.603	30'	3.185
60'	0.360	60'	1.724	60'	3.297
2"	0.392	2"	1.817	2"	3.375
4"	0.415	4"	1.885	4"	3.424
8"	0.444	8"	1.942	8"	3.461
15"	0.462	15"	1.978	15"	3.496
30"	0.472	30"	2.005	30"	3.529

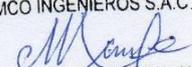
Aplicación de estuerzo cortante

LECTURAS		49 kN/m <sup>2</sup>		98 kN/m <sup>2</sup>		147 kN/m <sup>2</sup>	
Deformación tangencial (mm)	Tiempo transcurrido (min)	Lectura de Carga (KN)	Deformación Vertical (mm)	Lectura de Carga (KN)	Deformación Vertical (mm)	Lectura de Carga (KN)	Deformación Vertical (mm)
0.00	0.00	0.000	0.482	0.000	2.007	0.000	3.531
0.06	0.15	0.018	0.496	0.032	2.024	0.037	3.543
0.13	0.30	0.025	0.510	0.035	2.054	0.044	3.558
0.19	0.45	0.028	0.524	0.037	2.072	0.048	3.578
0.25	1.00	0.030	0.538	0.039	2.081	0.051	3.598
0.38	2.30	0.032	0.578	0.041	2.126	0.054	3.636
0.51	2.00	0.035	0.610	0.044	2.170	0.060	3.683
0.64	2.30	0.035	0.649	0.046	2.199	0.063	3.717
0.76	3.00	0.037	0.669	0.048	2.242	0.068	3.763
0.89	3.30	0.038	0.699	0.051	2.274	0.071	3.792
1.02	4.00	0.039	0.740	0.053	2.315	0.077	3.837
1.14	4.30	0.040	0.765	0.055	2.350	0.080	3.871
1.27	5.00	0.041	0.781	0.058	2.374	0.083	3.894
1.91	7.30	0.046	0.833	0.067	2.515	0.094	4.009
2.54	10.00	0.047	0.887	0.074	2.594	0.104	4.084
3.18	12.30	0.048	0.927	0.078	2.716	0.111	4.132
3.81	15.00	0.049	0.953	0.083	2.763	0.114	4.177
4.45	17.30	0.051	0.981	0.085	2.831	0.119	4.217
5.08	20.00	0.049	1.028	0.090	2.867	0.121	4.260
5.72	22.30	0.048	1.054	0.094	2.914	0.124	4.285
6.35	25.00	0.046	1.081	0.090	2.932	0.122	4.298



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Jorge Campos Angulo**  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
  
**Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
 Paragsha – Simón Bolívar  
 Cerro de Pasco.

(063) 421918  
 RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
 zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
 www.zemcoingenieros.com

PROYECTO TESIS:

“EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO”

GEOTECNIA

METODO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS NO DRENADAS NTP 339.171

DATOS DE LA MUESTRA

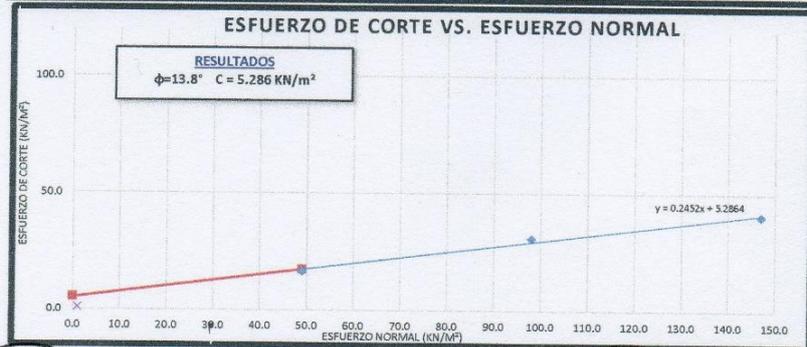
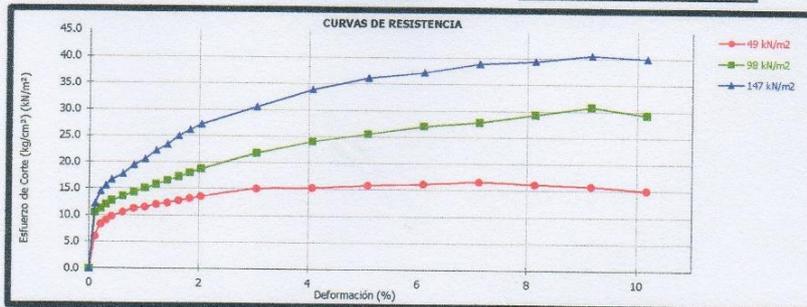
ESTRUCTURA : MATERIAL PROPIO  
 CALICATA : CALICATA SOLICITANTE: KATYA BARRERA MALPARTIDA  
 UBICACIÓN : YANAHUANCA FECHA: 27/08/2019  
 MUESTRA : C-5 : M-2 HECHO POR: Lab. ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
 COORDENADAS : N: 8838435 E: 334521 COTA: 3374

Contenido de humedad	49 kN/m <sup>2</sup>		98 kN/m <sup>2</sup>		147 kN/m <sup>2</sup>	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Tara N°	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05	T-06
Peso de tara (g)	60.0	60.0	66.0	66.0	55.0	54.0
Peso de tara + suelo húmedo (g)	186.7	196.8	192.7	202.8	181.7	190.8
peso de tara + suelo seco (g)	176.3	181.9	182.3	187.5	171.3	176.4
% de Humedad	8.93	12.24	8.93	12.66	8.93	11.82

Esfuerzo Normal (kN/m<sup>2</sup>)      Esfuerzo de Corte (kN/m<sup>2</sup>)

49	16.546
98	30.836
147	40.580

C	5.286	kN/m <sup>2</sup>
φ	13.8	Grados



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
 Jorge Campos Angulo  
 Técnico Laboratorista



ZEMCO INGENIEROS S.A.C.  
 Marco Antonio ESPINOZA BUSTILLOS  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 134352

Calle Tarma N° 215  
 Paragsha – Simón Bolívar  
 Cerro de Pasco.

(063) 421918  
 RPM #963665214

gerencia@zemcoingenieros.com  
 zemcoingenieros@gmail.com

Zemco Ingenieros SAC  
 www.zemcoingenieros.com

# **ANEXO N° 2**

## ***CÁLCULOS PARA DISEÑO DE DIQUES DE CONTROL***



TESIS:

EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

DIQUE DE GAVIÓN - TIPO DG-2 - Condiciones Normales

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
Profundidad máxima		m	6.872	7.249	7.090
Altura efectiva de la presa	$h_2$	m	2.000	2.000	2.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_2$	m	4.000	4.000	4.000
Área total	$A_{total}$	$m^2$	1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
Caudal máximo de diseño	$Q$	$m^3/s$	1.260	0.312	0.895
Ancho sección transversal		m	24.647	26.162	15.306
Coefficiente del vertedor	CV		1.450	1.450	1.450
Peso específico de la piedra	$\gamma_p$	$kg/m^3$	2,700.000	2,700.000	2,700.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028	1,471.028	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	$kg/m^3$	1,000.000	1,000.000	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	$kg/m^3$	1,722.628	1,727.261	1,631.402
Bordo libre del vertedor	Hl	m	0.200	0.200	0.200
Coefficiente de rozamiento a piedra sobre piedra	$\mu$		0.750	0.750	0.750
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800	17.400	13.800
Cohesión	C	$KN/m^2$	2.18	4.953	5.286
Aceleración horizontal E.030	Z		0.35	0.35	0.35

DISEÑO DE DIQUE

<b>1 CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO</b>	$Q$	$m^3/s$	1.260	0.312	0.895
<b>2 DISEÑO DEL VERTEDOR</b>	$H_d$	m	0.361	0.143	0.288
	(recomendación)		0.350	0.150	0.300
<b>3 DETERMINACIÓN DE FUERZAS SOBRE LA SECCIÓN CRÍTICA UNITARIA</b>					
<b>3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA DE ACCIÓN DEL PESO DEL GAVIÓN</b>					
Distancia de posición de P respecto al punto A	$Z_p$	m	1.075	1.075	1.075
Distancia de posición de P respecto al punto B	$Z_{p'}$	m	2.925	2.925	2.925
<b>3.2. CÁLCULO DEL PESO DE LA LÁMINA DE AGUA VERTIENTE (q)</b>					
Peso de la lámina de agua máxima vertiente	$q$	kg	514.860	220.654	441.308
Altura máxima del vertedor	$h'$	m	0.350	0.150	0.300
Ancho de corona de la presa	b	m	1.0	1.0	1.0
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m	1.0	1	1
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028	1,471.028	1,471.028
<b>3.3. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE MOJADO (S)</b>					
Superficie de mojado	S	$m^2$	2	2	2
Altura de la presa	$h_2$	m	2.0	2.0	2.0
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m	1.0	1.0	1.0
<b>3.4. CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA SUPERFICIE DE MOJADO</b>					
Centro de gravedad de la superficie de mojado	$h^{\wedge}$	m	1	1	1
<b>3.5. CÁLCULO DEL EMPUJE HIDROSTÁTICO</b>					
Empuje hidrostático	E	kg	2942.056	2942.056	2942.056
<b>3.6. CÁLCULO DEL PESO DE LA SECCIÓN UNITARIA AGUAS ARRIBA (P)</b>					
Peso de la sección crítica unitaria	P	kg	6144.860	6144.860	6144.860
Volumen de la sección crítica unitaria	$V_{SCU}$	$m^3$	5.00	5.00	5.00
Peso específico aparente	$\gamma_0$	$kg/m^3$	1,228.972	1,228.972	1,228.972

3.7. CÁLCULO EMPUJE DINÁMICO (Ph-din)		
<b>Empuje dinámico</b>	<b>Ph-din</b>	<b>kg/m</b>
Peso específico del relleno	$\gamma_{az}$	kg/m <sup>3</sup>
Altura de la presa	$h_2$	m
Ángulo de fricción del relleno	$\phi$	grados
Ángulo de fricción en el contactosuelo - muro	$\delta$	grados
Ángulo de inclinación del relleno	$\beta$	grados
Ángulo de inclinación del respaldo del muro	$\theta$	grados
Coefficiente sísmico horizontal	Kh	
Coefficiente sísmico vertical	Kv	
Aceleración horizontal E.030	Z	
<b>Ángulo sísmico</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>grados</b>
<b>Coefficiente de presión de tierra activa dinámico</b>	<b>Kae</b>	
<b>Empuje total</b>	<b>Ph</b>	<b>kg</b>
<b>Coefficiente de presión de tierra estática</b>	<b>Ka</b>	
<b>Empuje estático</b>	<b>Ph-est</b>	<b>kg</b>
Distancia de empuje	L	m

309.417	325.157	398.948
1471.03	1471.03	1471.03
2.00	2.00	2.00
18.80	17.40	13.80
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
90.00	90.00	90.00
0.175	0.175	0.175
0.117	0.117	0.117
0.350	0.35	0.35
11.206	11.206	11.206
0.699	0.736	0.850
1817.383	1912.683	2207.763
0.513	0.540	0.615
1507.966	1587.526	1808.814
0.667	0.667	0.667

#### 4 ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

4.1. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE EXCENTRICIDAD		
Base de la presa	B	m
Distancia media del ancho de la corona	$X_q$	m
Distancia de posición del peso	$X_p$	m
Distancia de altura donde aplica el empuje	$X_E$	m
Distancia de aplicación de la fuerza sísmica	$X_L$	m
$q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)+Ph-din(X_L)$ $(2*(q+P)*B)/3$		
<b>Comprobacion "e": <math>q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)+Ph-din(X_L) \leq (2*(q+P)*B)/3</math></b>		
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobacion de la Excentricidad</b> ex < B/6		

3.0	3.0	3.0
0.5	0.50	0.50
1.08	1.08	1.08
1.17	1.17	1.17
1.17	1.17	1.17
10656.539	10527.800	10724.217
13319.439	12731.028	13172.336
Acceptable	Acceptable	Acceptable
0.400	0.413	0.407
0.500	0.500	0.500
Acceptable	Acceptable	Acceptable

4.2. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO		
Sumatoria de fuerzas verticales	$\mu$	
Condición de seguridad al deslizamiento	FSD	
Empuje Hidrostático+Fuerza sísmica	E+Se	kg
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	<b>FSD <math>\geq</math> E</b>	
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	<b>F.DH</b>	
	<b>F.DH <math>\geq</math> 1.5</b>	

0.750	0.750	0.750
4994.790	4774.136	4939.626
3251.473	3267.213	3341.004
Acceptable	Acceptable	Acceptable
1.536	1.461	1.478
Acceptable	Corregir	Corregir

4.3. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL VOLTEAMIENTO		
Distancia de (E) respecto al punto B	Y'	m
Distancia de Ph-din respecto al punto B	L	m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	$\Sigma MP_B$	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	$\Sigma ME_{Se_B}$	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	<b>FSV</b>	
	<b>FSV <math>\geq</math> 1</b>	
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	<b>F.DV</b>	
	<b>F.DV <math>\geq</math> 1.5</b>	

1.167	1.167	1.167
1.167	1.167	1.167
17973.715	17973.715	17973.715
3793.385	3811.749	3897.838
4.738	4.715	4.611
Acceptable	Acceptable	Acceptable
4.738	4.715	4.611
Acceptable	Acceptable	Acceptable

4.4. ANALISIS POR CAPACIDAD DE CARGA		
Carga Máxima	$q_{m\acute{a}x}$	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	$N_c$	
factores de capacidad de carga	$N_q$	
factores de capacidad de carga	$N_\gamma$	
esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación	q	
ancho efectivo	B'	
ángulo de inclinación	$\psi$	
factores de profundidad	Fcd	
factores de profundidad	Fqd	
factores de profundidad	Fyd	
factores de inclinación de la carga	Fci	
factores de inclinación de la carga	Fqi	
factores de inclinación de la carga	Fyi	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{yd} \cdot F_{yi}$		
<b>Capacidad de Última Carga</b>	$q_u$	kg/m <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad de capacidad de carga</b>	<b>F.S. cc = <math>q_u/q_{m\acute{a}x}</math></b>	
	<b>FS. Cc &gt; 3</b>	

1498.499	1453.677	1493.535
1.000	1.000	1.000
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
1722.628	1727.261	1631.402
2.200	2.173	2.186
33.063	34.386	34.073
1.182	1.184	1.183
1.142	1.142	1.130
1.000	1.000	1.000
0.400	0.382	0.386
0.400	0.382	0.386
0.576	0.953	2.158
10900.470	13326.422	13600.826
7.274	9.167	9.106
Acceptable	Acceptable	Acceptable



TESIS:

EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

DIQUE DE GAVIÓN - TIPO DG-2 - Con 5 años de período de retorno

DATOS	Simb.	Und.
Profundidad máxima		m
Altura efectiva de la presa	$h_2$	m
Longitud efectiva del vertedor	$L_2$	m
Área total	$A_{total}$	$m^2$
Caudal máximo de diseño	$Q$	$m^3/s$
Ancho sección transversal		m
Coefficiente del vertedor	CV	
Peso específico de la piedra	$\gamma_p$	$kg/m^3$
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$
Peso específico del agua	$\gamma_a$	$kg/m^3$
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	$kg/m^3$
Bordo libre del vertedor	Hl	m
Coefficiente de rozamiento a piedra sobre piedra	$\mu$	
Angulo de fricción	$\phi$	grados
Cohesión	C	$KN/m^2$
Aceleración horizontal E.030	Z	

CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
6.872	7.249	7.090
2.000	2.000	2.000
4.000	4.000	4.000
1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
2.000	0.300	1.100
24.647	26.162	15.306
1.450	1.450	1.450
2,700.000	2,700.000	2,700.000
1,471.028	1,471.028	1,471.028
1,000.000	1,000.000	1,000.000
1,722.628	1,727.261	1,631.402
0.200	0.200	0.200
0.750	0.750	0.750
18.800	17.400	13.800
2.18	4.953	5.286
0.35	0.35	0.35

DISEÑO DE DIQUE

1 CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO	Q	$m^3/s$
---------------------------------------	---	---------

2.000	0.300	1.100
-------	-------	-------

2 DISEÑO DEL VERTEDOR	Hd	m
	(recomendación)	

0.492	0.139	0.330
0.500	0.150	0.350

3 DETERMINACIÓN DE FUERZAS SOBRE LA SECCIÓN CRÍTICA UNITARIA

3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA DE ACCIÓN DEL PESO DEL GAVIÓN

Distancia de posición de P respecto al punto A	$Z_p$	m
Distancia de posición de P respecto al punto B	$Z_p'$	m

1.075	1.075	1.075
2.925	2.925	2.925

3.2. CÁLCULO DEL PESO DE LA LÁMINA DE AGUA VERTIENTE (q)

Peso de la lámina de agua máxima vertiente	q	kg
Altura máxima del vertedor	$h^1$	m
Ancho de corona de la presa	b	m
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$

735.514	220.654	514.860
0.500	0.150	0.350
1.0	1.0	1.0
1.0	1	1
1,471.028	1,471.028	1,471.028

3.3. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE MOJADO (S)

Superficie de mojado	S	$m^2$
Altura de la presa	$h_2$	m
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m

2	2	2
2.0	2.0	2.0
1.0	1.0	1.0

3.4. CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA SUPERFICIE DE MOJADO

Centro de gravedad de la superficie de mojado	$h^{\wedge}$	m
---	--------------	---

1	1	1
---	---	---

3.5. CÁLCULO DEL EMPUJE HIDROSTÁTICO

Empuje hidrostático	E	kg
---------------------	---	----

2942.056	2942.056	2942.056
----------	----------	----------

3.6. CÁLCULO DEL PESO DE LA SECCIÓN UNITARIA AGUAS ARRIBA (P)

Peso de la sección crítica unitaria	P	kg
Volumen de la sección crítica unitaria	$V_{SCU}$	$m^3$
Peso específico aparente	$\gamma_o$	$kg/m^3$

6144.860	6144.860	6144.860
5.00	5.00	5.00
1,228.972	1,228.972	1,228.972

3.7. CÁLCULO EMPUJE DINÁMICO (Ph-din)

Empuje dinámico	Ph-din	kg/m
Peso específico del relleno	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$
Altura de la presa	$h_2$	m
Ángulo de fricción del relleno	$\phi$	grados
Ángulo de fricción en el contactosuelo - muro	$\delta$	grados
Ángulo de inclinación del relleno	$\beta$	grados
Ángulo de inclinación del respaldo del muro	$\theta$	grados
Coefficiente sísmico horizontal	$K_h$	
Coefficiente sísmico vertical	$K_v$	
Aceleración horizontal E.030	Z	

309.417	325.157	398.948
1471.03	1471.03	1471.03
2.00	2.00	2.00
18.80	17.40	13.80
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
90.00	90.00	90.00
0.175	0.175	0.175
0.117	0.117	0.117
0.350	0.35	0.35

Ángulo sísmico	$\eta$	grados
Coefficiente de presión de tierra activa dinámico	Kae	
Empuje total	Ph	kg
Coefficiente de presión de tierra estática	Ka	
Empuje estático	Ph-est	kg
Distancia de empuje	L	m

11.206	11.206	11.206
0.699	0.736	0.850
1817.383	1912.683	2207.763
0.513	0.540	0.615
1507.966	1587.526	1808.814
0.667	0.667	0.667

#### 4 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

##### 4.1. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE EXCENTRICIDAD

Base de la presa	B	m
Distancia media del ancho de la corona	$X_q$	m
Distancia de posición del peso	$X_p$	m
Distancia de altura donde aplica el empuje	$X_E$	m
Distancia de aplicación de la fuerza sísmica	$X_L$	m
$q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)+Ph-din(X_L)$		
$(2*(q+P)*B)/3$		
<b>Comprobacion "e": <math>q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)+Ph-din(X_L) \leq (2*(q+P)*B)/3</math></b>		
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobacion de la Excentricidad</b>		
ex < B/6		

3.0	3.0	3.0
0.5	0.50	0.50
1.08	1.08	1.08
1.17	1.17	1.17
1.17	1.17	1.17
10766.866	10527.800	10760.993
13760.748	12731.028	13319.439
Aceptable	Aceptable	Aceptable
0.391	0.413	0.404
0.500	0.500	0.500
Aceptable	Aceptable	Aceptable

##### 4.2. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

Sumatoria de fuerzas verticales	$\mu$	
Condición de seguridad al deslizamiento	FSD	
Empuje Hidrostático+Fuerza sísmica	E+Se	kg
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>		
FSD $\geq$ E		
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	F.DH	
	F.DH $\geq$ 1.5	

0.750	0.750	0.750
5160.280	4774.136	4994.790
3251.473	3267.213	3341.004
Aceptable	Aceptable	Aceptable
1.587	1.461	1.495
Aceptable	Corregir	Corregir

##### 4.3. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL VOLTEAMIENTO

Distancia de (E) respecto al punto B	Y'	m
Distancia de Ph-din respecto al punto B	L	m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	$\Sigma MP_B$	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	$\Sigma ME_{Se_B}$	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo</b>		
FSV		
FSV $\geq$ 1		
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	F.DV	
	F.DV $\geq$ 1.5	

1.167	1.167	1.167
1.167	1.167	1.167
17973.715	17973.715	17973.715
3793.385	3811.749	3897.838
4.738	4.715	4.611
Aceptable	Aceptable	Aceptable
4.738	4.715	4.611
Aceptable	Aceptable	Aceptable

##### 4.4. ANÁLISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	$q_{m\acute{a}x}$	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	$N_c$	
factores de capacidad de carga	$N_q$	
factores de capacidad de carga	$N_\gamma$	
esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación	q	
ancho efectivo	B'	
ángulo de inclinación	$\psi$	
factores de profundidad	Fcd	
factores de profundidad	Fqd	
factores de profundidad	Fyd	
factores de inclinación de la carga	Fci	
factores de inclinación de la carga	Fqi	
factores de inclinación de la carga	Fyi	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$		
Capacidad de Última Carga	$q_u$	kg/m <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad de capacidad de carga</b>	F.S. cc = $q_u/q_{m\acute{a}x}$	
	F.S. Cc > 3	

1532.976	1453.677	1505.027
1.000	1.000	1.000
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
1722.628	1727.261	1631.402
2.218	2.173	2.192
32.215	34.386	33.778
1.180	1.184	1.182
1.141	1.142	1.130
1.000	1.000	1.000
0.412	0.382	0.390
0.412	0.382	0.390
0.509	0.953	2.096
10533.664	13326.422	13428.585
6.871	9.167	8.922
Aceptable	Aceptable	Aceptable



TESIS:

EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

**DIQUE DE GAVIÓN - TIPO DG-2 - Con 50 años de período de retorno**

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
Profundidad máxima		m	6.872	7.249	7.090
Altura efectiva de la presa	$h_2$	m	2.000	2.000	2.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_2$	m	4.000	4.000	4.000
Área total	$A_{total}$	$m^2$	1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
Caudal máximo de diseño	$Q$	$m^3/s$	3.600	0.600	1.900
Ancho sección transversal		m	24.647	26.162	15.306
Coefficiente del vertedor	CV		1.450	1.450	1.450
Peso específico de la piedra	$\gamma_p$	$kg/m^3$	2,700.000	2,700.000	2,700.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028	1,471.028	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	$kg/m^3$	1,000.000	1,000.000	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	$kg/m^3$	1,722.628	1,727.261	1,631.402
Bordo libre del vertedor	Hl	m	0.200	0.200	0.200
Coefficiente de rozamiento a piedra sobre piedra	$\mu$		0.750	0.750	0.750
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800	17.400	13.800
Cohesión	C	$KN/m^2$	2.18	4.953	5.286
Aceleración horizontal E.030	Z		0.35	0.35	0.35

**DISEÑO DE DIQUE**

<b>1 CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO</b>	$Q$	$m^3/s$	<b>3.600</b>	<b>0.600</b>	<b>1.900</b>
<b>2 DISEÑO DEL VERTEDOR</b>	Hd	m	0.728	0.220	0.475
(recomendación)			<b>0.750</b>	<b>0.200</b>	<b>0.500</b>
<b>3 DETERMINACIÓN DE FUERZAS SOBRE LA SECCIÓN CRÍTICA UNITARIA</b>					
<b>3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA DE ACCIÓN DEL PESO DEL GAVIÓN</b>					
Distancia de posición de P respecto al punto A	$Z_p$	m	1.075	1.075	1.075
Distancia de posición de P respecto al punto B	$Z_{p'}$	m	2.925	2.925	2.925
<b>3.2. CÁLCULO DEL PESO DE LA LÁMINA DE AGUA VERTIENTE (q)</b>					
Peso de la lámina de agua máxima vertiente	$q$	kg	<b>1103.271</b>	<b>294.206</b>	<b>735.514</b>
Altura máxima del vertedor	$h'$	m	0.750	0.200	0.500
Ancho de corona de la presa	b	m	1.0	1.0	1.0
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m	1.0	1	1
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028	1,471.028	1,471.028
<b>3.3. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE MOJADO (S)</b>					
Superficie de mojado	S	$m^2$	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
Altura de la presa	$h_2$	m	2.0	2.0	2.0
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m	1.0	1.0	1.0
<b>3.4. CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA SUPERFICIE DE MOJADO</b>					
Centro de gravedad de la superficie de mojado	$h^{\wedge}$	m	1	1	1
<b>3.5. CÁLCULO DEL EMPUJE HIDROSTÁTICO</b>					
Empuje hidrostático	E	kg	2942.056	2942.056	2942.056
<b>3.6. CÁLCULO DEL PESO DE LA SECCIÓN UNITARIA AGUAS ARRIBA (P)</b>					
Peso de la sección crítica unitaria	P	kg	<b>6144.860</b>	<b>6144.860</b>	<b>6144.860</b>
Volumen de la sección crítica unitaria	$V_{SCU}$	$m^3$	5.00	5.00	5.00
Peso específico aparente	$\gamma_0$	$kg/m^3$	1,228.972	1,228.972	1,228.972

### 3.7. CÁLCULO EMPUJE DINÁMICO (Ph-din)

Empuje dinámico	Ph-din	kg/m
Peso específico del relleno	$\gamma_{az}$	kg/m <sup>3</sup>
Altura de la presa	$h_2$	m
Ángulo de fricción del relleno	$\phi$	grados
Ángulo de fricción en el contactosuelo - muro	$\delta$	grados
Ángulo de inclinación del relleno	$\beta$	grados
Ángulo de inclinación del respaldo del muro	$\theta$	grados
Coefficiente sísmico horizontal	$K_h$	
Coefficiente sísmico vertical	$K_v$	
Aceleración horizontal E.030	Z	
Ángulo sísmico	$\eta$	grados
Coefficiente de presión de tierra activa dinámico	$K_{ae}$	
Empuje total	$Ph$	kg
Coefficiente de presión de tierra estática	$K_a$	
Empuje estático	$Ph\text{-est}$	kg
Distancia de empuje	L	m

309.417	325.157	398.948
1471.03	1471.03	1471.03
2.00	2.00	2.00
18.80	17.40	13.80
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
90.00	90.00	90.00
0.175	0.175	0.175
0.117	0.117	0.117
0.350	0.35	0.35
11.206	11.206	11.206
0.699	0.736	0.850
1817.383	1912.683	2207.763
0.513	0.540	0.615
1507.966	1587.526	1808.814
0.667	0.667	0.667

## 4 ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

### 4.1. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE EXCENTRICIDAD

Base de la presa	B	m
Distancia media del ancho de la corona	$X_q$	m
Distancia de posición del peso	$X_p$	m
Distancia de altura donde aplica el empuje	$X_E$	m
Distancia de aplicación de la fuerza sísmica	$X_L$	m
$\frac{q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)+Ph\text{-din}(X_L)}{(2*(q+P)*B)/3}$		
<b>Comprobacion "e": <math>q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)+Ph\text{-din}(X_L) \leq (2*(q+P)*B)/3</math></b>		
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobacion de la Excentricidad <math>ex &lt; B/6</math></b>		

3.0	3.0	3.0
0.5	0.50	0.50
1.08	1.08	1.08
1.17	1.17	1.17
1.17	1.17	1.17
10950.745	10564.576	10871.320
14496.262	12878.131	13760.748
Aceptable	Aceptable	Aceptable
0.378	0.410	0.395
0.500	0.500	0.500
Aceptable	Aceptable	Aceptable

### 4.2. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

Sumatoria de fuerzas verticales	$\mu$	
Condición de seguridad al deslizamiento	FSD	
Empuje Hidrostático+Fuerza sísmica	E+Se	kg
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	<b>FSD <math>\geq</math> E</b>	
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	F.DH	
	<b>F.DH <math>\geq</math> 1.5</b>	

0.750	0.750	0.750
5436.098	4829.299	5160.280
3251.473	3267.213	3341.004
Aceptable	Aceptable	Aceptable
1.672	1.478	1.545
Aceptable	Corregir	Aceptable

### 4.3. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL VOLTEAMIENTO

Distancia de (E) respecto al punto B	$Y'$	m
Distancia de Ph-din respecto al punto B	L	m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	$\Sigma MP_B$	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	$\Sigma MESe_B$	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	FSV	
	<b>FSV <math>\geq</math> 1</b>	
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	F.DV	
	<b>F.DV <math>\geq</math> 1.5</b>	

1.167	1.167	1.167
1.167	1.167	1.167
17973.715	17973.715	17973.715
3793.385	3811.749	3897.838
4.738	4.715	4.611
Aceptable	Aceptable	Aceptable
4.738	4.715	4.611
Aceptable	Aceptable	Aceptable

### 4.4. ANÁLISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	$q_{m\acute{a}x}$	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	$N_c$	
factores de capacidad de carga	$N_q$	
factores de capacidad de carga	$N_\gamma$	
esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación	q	
ancho efectivo	$B'$	
ángulo de inclinación	$\psi$	
factores de profundidad	Fcd	
factores de profundidad	Fqd	
factores de profundidad	Fyd	
factores de inclinación de la carga	Fci	
factores de inclinación de la carga	Fqi	
factores de inclinación de la carga	Fyi	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{yd} \cdot F_{yi}$		
<b>Capacidad de Última Carga</b>	$q_u$	kg/m <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad de capacidad de carga</b>	F.S. cc = $q_u/q_{m\acute{a}x}$	
	<b>FS. Cc &gt; 3</b>	

1590.438	1465.169	1539.504
1.000	1.000	1.000
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
1722.628	1727.261	1631.402
2.245	2.180	2.210
30.885	34.080	32.921
1.178	1.184	1.181
1.139	1.141	1.129
1.000	1.000	1.000
0.431	0.386	0.402
0.431	0.386	0.402
0.413	0.919	1.920
10016.088	13177.057	12940.775
6.298	8.994	8.406
Aceptable	Aceptable	Aceptable



TESIS:  
EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

**DIQUE DE GAVIÓN - TIPO DG-2 - Con 50 años de período de retorno sin fuerza sísmica**

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
Profundidad máxima		m	6.872	7.249	7.090
Altura efectiva de la presa	$h_2$	m	2.000	2.000	2.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_2$	m	4.000	4.000	4.000
Área total	$A_{total}$	m <sup>2</sup>	1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
Caudal máximo de diseño	Q	m <sup>3</sup> /s	3.600	0.600	1.900
Ancho sección transversal		m	24.647	26.162	15.306
Coefficiente del vertedor	CV		1.450	1.450	1.450
Peso específico de la piedra	$\gamma_p$	kg/m <sup>3</sup>	2,700.000	2,700.000	2,700.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	kg/m <sup>3</sup>	1,471.028	1,471.028	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	kg/m <sup>3</sup>	1,000.000	1,000.000	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	kg/m <sup>3</sup>	1,722.628	1,727.261	1,631.402
Bordo libre del vertedor	Hl	m	0.200	0.200	0.200
Coefficiente de rozamiento a piedra sobre piedra	$\mu$		0.750	0.750	0.750
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800	17.400	13.800
Cohesión	C	KN/m <sup>2</sup>	2.18	4.953	5.286
Aceleración horizontal E.030	Z		0.35	0.35	0.35

**DISEÑO DE DIQUE**

<b>1 CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO</b>	Q	m <sup>3</sup> /s	3.600	0.600	1.900
<b>2 DISEÑO DEL VERTEDOR</b>	Hd	m	0.728	0.220	0.475
(recomendación)			0.750	0.200	0.500
<b>3 DETERMINACIÓN DE FUERZAS SOBRE LA SECCIÓN CRÍTICA UNITARIA</b>					
<b>3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA DE ACCIÓN DEL PESO DEL GAVIÓN</b>					
Distancia de posición de P respecto al punto A	Zp	m	1.075	1.075	1.075
Distancia de posición de P respecto al punto B	Zp'	m	2.925	2.925	2.925
<b>3.2. CÁLCULO DEL PESO DE LA LÁMINA DE AGUA VERTIENTE (q)</b>					
Peso de la lámina de agua máxima vertiente	q	kg	1103.271	294.206	735.514
Altura máxima del vertedor	h'	m	0.750	0.200	0.500
Ancho de corona de la presa	b	m	1.0	1.0	1.0
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m	1.0	1	1
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	kg/m <sup>3</sup>	1,471.028	1,471.028	1,471.028
<b>3.3. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE MOJADO (S)</b>					
Superficie de mojado	S	m <sup>2</sup>	2	2	2
Altura de la presa	$h_2$	m	2.0	2.0	2.0
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m	1.0	1.0	1.0
<b>3.4. CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA SUPERFICIE DE MOJADO</b>					
Centro de gravedad de la superficie de mojado	h^	m	1	1	1
<b>3.5. CÁLCULO DEL EMPUJE HIDROSTÁTICO</b>					
Empuje hidrostático	E	kg	2942.056	2942.056	2942.056
<b>3.6. CÁLCULO DEL PESO DE LA SECCIÓN UNITARIA AGUAS ARRIBA (P)</b>					
Peso de la sección crítica unitaria	P	kg	6144.860	6144.860	6144.860
Volumen de la sección crítica unitaria	$V_{SCU}$	m <sup>3</sup>	5.00	5.00	5.00
Peso específico aparente	$\gamma_0$	kg/m <sup>3</sup>	1,228.972	1,228.972	1,228.972

#### 4 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

##### 4.1. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE EXCENTRICIDAD

Base de la presa	B	m
Distancia media del ancho de la corona	$X_q$	m
Distancia de posición del peso	$X_p$	m
Distancia de altura donde aplica el empuje	$X_E$	m
$\frac{q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)}{(2 \cdot (q+P) \cdot B)/3}$		
<b>Comprobación "e": <math>q(X_q)+P(X_p)+E(X_E) \leq (2 \cdot (q+P) \cdot B)/3</math></b>		
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobación de la Excentricidad</b>		<b>ex &lt; B/6</b>

3.0	3.0	3.0
0.5	0.50	0.50
1.08	1.08	1.08
1.17	1.17	1.17
<b>10589.759</b>	<b>10185.226</b>	<b>10405.880</b>
<b>14496.262</b>	<b>12878.131</b>	<b>13760.748</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>
<b>0.365</b>	<b>0.395</b>	<b>0.378</b>
0.500	0.500	0.500
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

##### 4.2. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

Sumatoria de fuerzas verticales	$\mu$	
Condición de seguridad al deslizamiento	FSD	
Empuje Hidrostático	E	kg
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	<b>FSD <math>\geq</math> E</b>	
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	F.DH	
	<b>F.DH <math>\geq</math> 1.5</b>	

0.750	0.750	0.750
<b>5436.098</b>	<b>4829.299</b>	<b>5160.280</b>
<b>2942.056</b>	<b>2942.056</b>	<b>2942.056</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>
<b>1.848</b>	<b>1.641</b>	<b>1.754</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

##### 4.3. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL VOLCAMIENTO

Distancia de (E) respecto al punto B	Y'	m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	$\Sigma MP_B$	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	$\Sigma ME_B$	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	FSV	
	<b>FSV <math>\geq</math> 1</b>	
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	F.DV	
	<b>F.DV <math>\geq</math> 1.5</b>	

1.167	1.167	1.167
17973.715	17973.715	17973.715
3432.399	3432.399	3432.399
<b>5.236</b>	<b>5.236</b>	<b>5.236</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>
<b>5.236</b>	<b>5.236</b>	<b>5.236</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

##### 4.4. ANÁLISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	$q_{m\acute{a}x}$	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	$N_c$	
factores de capacidad de carga	$N_q$	
factores de capacidad de carga	$N_\gamma$	
esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación	q	
ancho efectivo	B'	
ángulo de inclinación	$\psi$	
factores de profundidad	Fcd	
factores de profundidad	Fqd	
factores de profundidad	Fyd	
factores de inclinación de la carga	Fci	
factores de inclinación de la carga	Fqi	
factores de inclinación de la carga	Fyi	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{yd} \cdot F_{yi}$		
<b>Capacidad de Última Carga</b>	$q_u$	kg/m <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad de capacidad de carga</b>	F.S. cc = $q_u/q_{m\acute{a}x}$	
	<b>FS. Cc &gt; 3</b>	

1567.876	1441.460	1510.414
1.000	1.000	1.000
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
1722.628	1727.261	1631.402
2.269	2.209	2.244
28.423	31.350	29.689
1.176	1.181	1.178
1.138	1.139	1.127
1.000	1.000	1.000
0.468	0.425	0.449
0.468	0.425	0.449
0.262	0.643	1.326
9241.443	11947.221	11236.088
<b>5.894</b>	<b>8.288</b>	<b>7.439</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>



TESIS:  
EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

### DIQUE DE GAVIÓN - TIPO DG-3 - Condiciones Normales

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
Profundidad máxima		m	6.872	7.249	7.090
Altura efectiva de la presa	$h_3$	m	3.000	3.000	3.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_3$	m	5.000	5.000	5.000
Área total	$A_{total}$	$m^2$	1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
Caudal máximo de diseño	Q	$m^3/s$	1.260	0.312	0.895
Ancho sección transversal		m	24.647	26.162	15.306
Coefficiente del vertedor	CV		1.450	1.450	1.450
Peso específico de la piedra	$\gamma_p$	$kg/m^3$	2,700.000	2,700.000	2,700.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028	1,471.028	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	$kg/m^3$	1,000.000	1,000.000	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	$kg/m^3$	1,722.628	1,727.261	1,631.402
Bordo libre del vertedor	HI	m	0.200	0.200	0.200
Coefficiente de rozamiento a piedra sobre piedra	$\mu$		0.750	0.750	0.750
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800	17.400	13.800
Cohesión	C	$KN/m^2$	2.18	4.953	5.286
Aceleración horizontal E.030	Z		0.35	0.35	0.35

### DISEÑO DE DIQUE

1 CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO	Q	$m^3/s$	1.260	0.312	0.895
---------------------------------------	---	---------	-------	-------	-------

2 DISEÑO DEL VERTEDOR	$H_d$	m	0.311	0.123	0.248
	(recomendación)		0.300	0.100	0.250

### 3 DETERMINACIÓN DE FUERZAS SOBRE LA SECCIÓN CRÍTICA UNITARIA

#### 3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA DE ACCIÓN DEL PESO DEL GAVIÓN

Distancia de posición de P respecto al punto A	$Z_p$	m	1.281	1.281	1.281
Distancia de posición de P respecto al punto B	$Z_{p'}$	m	2.719	2.719	2.719

#### 3.2. CÁLCULO DEL PESO DE LA LÁMINA DE AGUA VERTIENTE (q)

Peso de la lámina de agua máxima vertiente	q	kg	441.308	147.103	367.757
Altura máxima del vertedor	$h'$	m	0.300	0.100	0.250
Ancho de corona de la presa	b	m	1.0	1.0	1.0
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m	1.0	1	1
Peso específico del agua con sedimentos	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028	1,471.028	1,471.028

#### 3.3. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE MOJADO (S)

Superficie de mojado	S	$m^2$	3	3	3
Altura de la presa	$h_3$	m	3.0	3.0	3.0
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m	1.0	1.0	1.0

#### 3.4. CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA SUPERFICIE DE MOJADO

Centro de gravedad de la superficie de mojado	$h^{\wedge}$	m	1.5	1.5	1.5
---	--------------	---	-----	-----	-----

#### 3.5. CÁLCULO DEL EMPUJE HIDROSTÁTICO

Empuje hidrostático	E	kg	6619.626	6619.626	6619.626
---------------------	---	----	----------	----------	----------

#### 3.6. CÁLCULO DEL PESO DE LA SECCIÓN UNITARIA AGUAS ARRIBA (P)

Peso de la sección crítica unitaria	P	kg	9831.776	9831.776	9831.776
Volumen de la sección crítica unitaria	$V_{SCU}$	$m^3$	8.00	8.00	8.00
Peso específico aparente	$\gamma_0$	$kg/m^3$	1,228.972	1,228.972	1,228.972

#### 3.7. CÁLCULO EMPUJE DINÁMICO (Ph-din)

Empuje dinámico	Ph-din	$kg/m$	696.188	731.603	897.633
Peso específico del relleno	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1471.03	1471.03	1471.03
Altura de la presa	$h_3$	m	3.00	3.00	3.00
Ángulo de fricción del relleno	$\phi$	grados	18.80	17.40	13.80
Ángulo de fricción en el contactosuelo - muro	$\delta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del relleno	$\beta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del respaldo del muro	$\theta$	grados	90.00	90.00	90.00
Coefficiente sísmico horizontal	Kh		0.175	0.175	0.175
Coefficiente sísmico vertical	Kv		0.117	0.117	0.117
Aceleración horizontal E.030	Z		0.350	0.35	0.35

Ángulo sísmico	$\eta$	grados
Coefficiente de presión de tierra activa dinámico	Kae	
Empuje total	Ph	kg
Coefficiente de presión de tierra estática	Ka	
Empuje estático	Ph-est	kg
Distancia de empuje	L	m

11.206	11.206	11.206
0.699	0.736	0.850
4089.113	4303.537	4967.466
0.513	0.540	0.615
3392.925	3571.934	4069.833
1.000	1.000	1.000

#### 4 ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

##### 4.1. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE EXCENTRICIDAD

Base de la presa	B	m
Distancia media del ancho de la corona	$X_q$	m
Distancia de posición del peso	$X_p$	m
Distancia de altura donde aplica el empuje	$X_E$	m
Distancia de aplicación de la fuerza sísmica	$X_L$	m
$\frac{q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)+Ph-din(X_L)}{(2*(q+P)*B)/3}$		
<b>Comprobacion "e": <math>q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)+Ph-din(X_L) \leq (2*(q+P)*B)/3</math></b>		
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobacion de la Excentricidad <math>ex &lt; B/6</math></b>		

4.0	4.0	4.0
0.5	0.50	0.50
1.28	1.28	1.28
1.50	1.50	1.50
1.50	1.50	1.50
23791.338	23697.358	24056.731
27394.891	26610.343	27198.754
Aceptable	Aceptable	Aceptable
0.579	0.594	0.590
0.667	0.667	0.667
Aceptable	Aceptable	Aceptable

##### 4.2. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

Sumatoria de fuerzas verticales	$\mu$	
Condición de seguridad al deslizamiento	FSD	
Empuje Hidrostático+Fuerza sísmica	E+Se	kg
<b>Factor de seguridad de deslizamiento <math>FSD \geq E</math></b>		
Factor de seguridad de deslizamiento	F.DH	
	F.DH $\geq 1.5$	

0.750	0.750	0.750
7704.813	7484.159	7649.650
7315.814	7351.229	7517.260
Aceptable	Aceptable	Aceptable
1.053	1.018	1.018
Corregir	Corregir	Corregir

##### 4.3. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL VOLTEAMIENTO

Distancia de (E) respecto al punto B	$Y'$	m
Distancia de Ph-din respecto al punto B	L	m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	$\Sigma MP_B$	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	$\Sigma MESe_B$	kg-m
Factor de seguridad de volteo	FSV	
	FSV $\geq 1$	
Factor de seguridad de volteo	F.DV	
	F.DV $\geq 1.5$	

1.500	1.500	1.500
1.500	1.500	1.500
26730.140	26730.140	26730.140
10973.721	11026.844	11275.889
2.436	2.424	2.371
Aceptable	Aceptable	Aceptable
2.436	2.424	2.371
Aceptable	Aceptable	Aceptable

##### 4.4. ANÁLISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	$q_{m\acute{a}x}$	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	$N_c$	
factores de capacidad de carga	$N_q$	
factores de capacidad de carga	$N_\gamma$	
esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación	q	
ancho efectivo	$B'$	
ángulo de inclinación	$\psi$	
factores de profundidad	Fcd	
factores de profundidad	Fqd	
factores de profundidad	Fyd	
factores de inclinación de la carga	Fci	
factores de inclinación de la carga	Fqi	
factores de inclinación de la carga	Fyi	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{yd} \cdot F_{yi}$		
Capacidad de Última Carga	$q_u$	kg/m <sup>2</sup>
Factor de seguridad de capacidad de carga	F.S. cc = $q_u/q_{m\acute{a}x}$	
	FS. Cc $> 3$	

2399.354	2358.173	2402.601
1.000	1.000	1.000
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
1722.628	1727.261	1631.402
2.842	2.813	2.821
43.517	44.487	44.500
1.141	1.142	1.142
1.110	1.109	1.101
1.000	1.000	1.000
0.267	0.256	0.256
0.267	0.256	0.256
1.728	2.423	4.949
23119.779	26349.707	28578.465
9.636	11.174	11.895
Aceptable	Aceptable	Aceptable



TESIS:  
EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

### DIQUE DE GAVIÓN - TIPO DG-3 - Con 5 años de período de retorno

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
Profundidad máxima		m	6.872	7.249	7.090
Altura efectiva de la presa	$h_3$	m	3.000	3.000	3.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_3$	m	5.000	5.000	5.000
Área total	$A_{total}$	$m^2$	1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
Caudal máximo de diseño	$Q$	$m^3/s$	2.000	0.300	1.100
Ancho sección transversal		m	24.647	26.162	15.306
Coefficiente del vertedor	CV		1.450	1.450	1.450
Peso específico de la piedra	$\gamma_p$	$kg/m^3$	2,700.000	2,700.000	2,700.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028	1,471.028	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	$kg/m^3$	1,000.000	1,000.000	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	$kg/m^3$	1,722.628	1,727.261	1,631.402
Bordo libre del vertedor	Hl	m	0.200	0.200	0.200
Coefficiente de rozamiento a piedra sobre piedra	$\mu$		0.750	0.750	0.750
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800	17.400	13.800
Cohesión	C	KN/m <sup>2</sup>	2.18	4.953	5.286
Aceleración horizontal E.030	Z		0.35	0.35	0.35

### DISEÑO DE DIQUE

1 CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO	$Q$	$m^3/s$	2.000	0.300	1.100
2 DISEÑO DEL VERTEDOR	Hd	m	0.424	0.120	0.284
	(recomendación)		0.400	0.100	0.300

### 3 DETERMINACIÓN DE FUERZAS SOBRE LA SECCIÓN CRÍTICA UNITARIA

#### 3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA DE ACCIÓN DEL PESO DEL GAVIÓN

Distancia de posición de P respecto al punto A	$Z_p$	m	1.281	1.281	1.281
Distancia de posición de P respecto al punto B	$Z_{p'}$	m	2.719	2.719	2.719

#### 3.2. CÁLCULO DEL PESO DE LA LÁMINA DE AGUA VERTIENTE (q)

Peso de la lámina de agua máxima vertiente	q	kg	588.411	147.103	441.308
Altura máxima del vertedor	$h'$	m	0.400	0.100	0.300
Ancho de corona de la presa	b	m	1.0	1.0	1.0
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m	1.0	1	1
Peso específico del agua con sedimentos	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028	1,471.028	1,471.028

#### 3.3. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE MOJADO (S)

Superficie de mojado	S	m <sup>2</sup>	3	3	3
Altura de la presa	$h_3$	m	3.0	3.0	3.0
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m	1.0	1.0	1.0

#### 3.4. CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA SUPERFICIE DE MOJADO

Centro de gravedad de la superficie de mojado	$h^{\wedge}$	m	1.5	1.5	1.5
---	--------------	---	-----	-----	-----

#### 3.5. CÁLCULO DEL EMPUJE HIDROSTÁTICO

Empuje hidrostático	E	kg	6619.626	6619.626	6619.626
---------------------	---	----	----------	----------	----------

#### 3.6. CÁLCULO DEL PESO DE LA SECCIÓN UNITARIA AGUAS ARRIBA (P)

Peso de la sección crítica unitaria	P	kg	9831.776	9831.776	9831.776
Volumen de la sección crítica unitaria	$V_{SCU}$	$m^3$	8.00	8.00	8.00
Peso específico aparente	$\gamma_0$	$kg/m^3$	1,228.972	1,228.972	1,228.972

#### 3.7. CÁLCULO EMPUJE DINÁMICO (Ph-din)

Empuje dinámico	Ph-din	kg/m	696.188	731.603	897.633
Peso específico del relleno	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1471.03	1471.03	1471.03
Altura de la presa	$h_3$	m	3.00	3.00	3.00
Ángulo de fricción del relleno	$\phi$	grados	18.80	17.40	13.80
Ángulo de fricción en el contactosuelo - muro	$\delta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del relleno	$\beta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del respaldo del muro	$\theta$	grados	90.00	90.00	90.00
Coefficiente sísmico horizontal	$K_h$		0.175	0.175	0.175
Coefficiente sísmico vertical	$K_v$		0.117	0.117	0.117
Aceleración horizontal E.030	Z		0.350	0.35	0.35

Ángulo sísmico	$\eta$	grados
Coefficiente de presión de tierra activa dinámico	Kae	
Empuje total	Ph	kg
Coefficiente de presión de tierra estática	Ka	
Empuje estático	Ph-est	kg
Distancia de empuje	L	m

11.206	11.206	11.206
0.699	0.736	0.850
4089.113	4303.537	4967.466
0.513	0.540	0.615
3392.925	3571.934	4069.833
1.000	1.000	1.000

#### 4 ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

##### 4.1. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE EXCENTRICIDAD

Base de la presa	B	m
Distancia media del ancho de la corona	$X_q$	m
Distancia de posición del peso	$X_p$	m
Distancia de altura donde aplica el empuje	$X_E$	m
Distancia de aplicación de la fuerza sísmica	$X_L$	m
$\frac{q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)+Ph-din(X_L)}{(2*(q+P)*B)/3}$		
<b>Comprobacion "e": <math>q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)+Ph-din(X_L) \leq (2*(q+P)*B)/3</math></b>		
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobacion de la Excentricidad <math>ex &lt; B/6</math></b>		

4.0	4.0	4.0
0.5	0.50	0.50
1.28	1.28	1.28
1.50	1.50	1.50
1.50	1.50	1.50
23864.890	23697.358	24093.506
27787.165	26610.343	27394.891
Aceptable	Aceptable	Aceptable
0.573	0.594	0.586
0.667	0.667	0.667
Aceptable	Aceptable	Aceptable

##### 4.2. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

Sumatoria de fuerzas verticales	$\mu$	
Condición de seguridad al deslizamiento	FSD	
Empuje Hidrostático+Fuerza sísmica	E+Se	kg
<b>Factor de seguridad de deslizamiento <math>FSD \geq E</math></b>		
Factor de seguridad de deslizamiento	F.DH	
	F.DH $\geq 1.5$	

0.750	0.750	0.750
7815.140	7484.159	7704.813
7315.814	7351.229	7517.260
Aceptable	Aceptable	Aceptable
1.068	1.018	1.025
Corregir	Corregir	Corregir

##### 4.3. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL VOLTEAMIENTO

Distancia de (E) respecto al punto B	$Y'$	m
Distancia de Ph-din respecto al punto B	L	m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	$\Sigma MP_B$	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	$\Sigma MESe_B$	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo <math>FSV \geq 1</math></b>		
Factor de seguridad de volteo	F.DV	
	F.DV $\geq 1.5$	

1.500	1.500	1.500
1.500	1.500	1.500
26730.140	26730.140	26730.140
10973.721	11026.844	11275.889
2.436	2.424	2.371
Aceptable	Aceptable	Aceptable
2.436	2.424	2.371
Aceptable	Aceptable	Aceptable

##### 4.4. ANÁLISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	$q_{m\acute{a}x}$	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	$N_c$	
factores de capacidad de carga	$N_q$	
factores de capacidad de carga	$N_\gamma$	
esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación	q	
ancho efectivo	$B'$	
ángulo de inclinación	$\psi$	
factores de profundidad	Fcd	
factores de profundidad	Fqd	
factores de profundidad	Fyd	
factores de inclinación de la carga	Fci	
factores de inclinación de la carga	Fqi	
factores de inclinación de la carga	Fyi	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{yd} \cdot F_{yi}$		
Capacidad de Última Carga	$q_u$	kg/m <sup>2</sup>
Factor de seguridad de capacidad de carga	F.S. cc = $q_u/q_{m\acute{a}x}$	
	F.S. Cc $> 3$	

2421.190	2358.173	2413.519
1.000	1.000	1.000
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
1722.628	1727.261	1631.402
2.855	2.813	2.827
43.110	44.487	44.294
1.140	1.142	1.141
1.110	1.109	1.101
1.000	1.000	1.000
0.271	0.256	0.258
0.271	0.256	0.258
1.672	2.423	4.883
22640.167	26349.707	28327.230
9.351	11.174	11.737
Aceptable	Aceptable	Aceptable



TESIS:  
EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

**DIQUE DE GAVIÓN - TIPO DG-3 - Con 50 años de período de retorno**

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
Profundidad máxima		m	6.872	7.249	7.090
Altura efectiva de la presa	$h_3$	m	3.000	3.000	3.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_3$	m	5.000	5.000	5.000
Área total	$A_{total}$	m <sup>2</sup>	1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
Caudal máximo de diseño	Q	m <sup>3</sup> /s	3.600	0.600	1.900
Ancho sección transversal		m	24.647	26.162	15.306
Coefficiente del vertedor	CV		1.450	1.450	1.450
Peso específico de la piedra	$\gamma_p$	kg/m <sup>3</sup>	2,700.000	2,700.000	2,700.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	kg/m <sup>3</sup>	1,471.028	1,471.028	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	kg/m <sup>3</sup>	1,000.000	1,000.000	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	kg/m <sup>3</sup>	1,722.628	1,727.261	1,631.402
Bordo libre del vertedor	Hl	m	0.200	0.200	0.200
Coefficiente de rozamiento a piedra sobre piedra	$\mu$		0.750	0.750	0.750
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800	17.400	13.800
Cohesión	C	KN/m <sup>2</sup>	2.18	4.953	5.286
Aceleración horizontal E.030	Z		0.35	0.35	0.35

**DISEÑO DE DIQUE**

1 CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO	Q	m <sup>3</sup> /s	3.600	0.600	1.900
2 DISEÑO DEL VERTEDOR	Hd	m	0.627	0.190	0.410
	(recomendación)		0.650	0.200	0.400

**3 DETERMINACIÓN DE FUERZAS SOBRE LA SECCIÓN CRÍTICA UNITARIA**

**3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA DE ACCIÓN DEL PESO DEL GAVIÓN**

Distancia de posición de P respecto al punto A	$Z_p$	m	1.281	1.281	1.281
Distancia de posición de P respecto al punto B	$Z_p'$	m	2.719	2.719	2.719

**3.2. CÁLCULO DEL PESO DE LA LÁMINA DE AGUA VERTIENTE (q)**

Peso de la lámina de agua máxima vertiente	q	kg	956.168	294.206	588.411
Altura máxima del vertedor	$h'$	m	0.650	0.200	0.400
Ancho de corona de la presa	b	m	1.0	1.0	1.0
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m	1.0	1	1
Peso específico del agua con sedimentos	$\gamma_{az}$	kg/m <sup>3</sup>	1,471.028	1,471.028	1,471.028

**3.3. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE MOJADO (S)**

Superficie de mojado	S	m <sup>2</sup>	3	3	3
Altura de la presa	$h_3$	m	3.0	3.0	3.0
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m	1.0	1.0	1.0

**3.4. CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA SUPERFICIE DE MOJADO**

Centro de gravedad de la superficie de mojado	$h^{\wedge}$	m	1.5	1.5	1.5
---	--------------	---	-----	-----	-----

**3.5. CÁLCULO DEL EMPUJE HIDROSTÁTICO**

Empuje hidrostático	E	kg	6619.626	6619.626	6619.626
---------------------	---	----	----------	----------	----------

**3.6. CÁLCULO DEL PESO DE LA SECCIÓN UNITARIA AGUAS ARRIBA (P)**

Peso de la sección crítica unitaria	P	kg	9831.776	9831.776	9831.776
Volumen de la sección crítica unitaria	$V_{SCU}$	m <sup>3</sup>	8.00	8.00	8.00
Peso específico aparente	$\gamma_0$	kg/m <sup>3</sup>	1,228.972	1,228.972	1,228.972

**3.7. CÁLCULO EMPUJE DINÁMICO (Ph-din)**

Empuje dinámico	Ph-din	kg/m	696.188	731.603	897.633
Peso específico del relleno	$\gamma_{az}$	kg/m <sup>3</sup>	1471.03	1471.03	1471.03
Altura de la presa	$h_3$	m	3.00	3.00	3.00
Ángulo de fricción del relleno	$\phi$	grados	18.80	17.40	13.80
Ángulo de fricción en el contactosuelo - muro	$\delta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del relleno	$\beta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del respaldo del muro	$\theta$	grados	90.00	90.00	90.00
Coefficiente sísmico horizontal	Kh		0.175	0.175	0.175
Coefficiente sísmico vertical	Kv		0.117	0.117	0.117
Aceleración horizontal E.030	Z		0.350	0.35	0.35

Ángulo sísmico	$\eta$	grados
Coefficiente de presión de tierra activa dinámico	Kae	
Empuje total	Ph	kg
Coefficiente de presión de tierra estática	Ka	
Empuje estático	Ph-est	kg
Distancia de empuje	L	m

11.206	11.206	11.206
0.699	0.736	0.850
4089.113	4303.537	4967.466
0.513	0.540	0.615
3392.925	3571.934	4069.833
1.000	1.000	1.000

#### 4 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

##### 4.1. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE EXCENRICIDAD

Base de la presa	B	m
Distancia media del ancho de la corona	$X_q$	m
Distancia de posición del peso	$X_p$	m
Distancia de altura donde aplica el empuje	$X_E$	m
Distancia de aplicación de la fuerza sísmica	$X_L$	m
$\frac{q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)+Ph-din(X_L)}{(2*(q+P)*B)/3}$		
<b>Comprobacion "e": <math>q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)+Ph-din(X_L) \leq (2*(q+P)*B)/3</math></b>		
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobacion de la Excentricidad <math>ex &lt; B/6</math></b>		

4.0	4.0	4.0
0.5	0.50	0.50
1.28	1.28	1.28
1.50	1.50	1.50
1.50	1.50	1.50
24048.768	23770.909	24167.058
28767.850	27002.617	27787.165
Aceptable	Aceptable	Aceptable
0.557	0.587	0.580
0.667	0.667	0.667
Aceptable	Aceptable	Aceptable

##### 4.2. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

Sumatoria de fuerzas verticales	$\mu$	
Condición de seguridad al deslizamiento	FSD	
Empuje Hidrostático+Fuerza sísmica	E+Se	kg
<b>Factor de seguridad de deslizamiento <math>FSD \geq E</math></b>		
Factor de seguridad de deslizamiento	F.DH	
	F.DH $\geq 1.5$	

0.750	0.750	0.750
8090.958	7594.486	7815.140
7315.814	7351.229	7517.260
Aceptable	Aceptable	Aceptable
1.106	1.033	1.040
Corregir	Corregir	Corregir

##### 4.3. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL VOLTEAMIENTO

Distancia de (E) respecto al punto B	$Y'$	m
Distancia de Ph-din respecto al punto B	L	m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	$\Sigma MP_B$	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	$\Sigma MESe_B$	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo <math>FSV \geq 1</math></b>		
Factor de seguridad de volteo	F.DV	
	F.DV $\geq 1.5$	

1.500	1.500	1.500
1.500	1.500	1.500
26730.140	26730.140	26730.140
10973.721	11026.844	11275.889
2.436	2.424	2.371
Aceptable	Aceptable	Aceptable
2.436	2.424	2.371
Aceptable	Aceptable	Aceptable

##### 4.4. ANÁLISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	$q_{m\acute{a}x}$	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	$N_c$	
factores de capacidad de carga	$N_q$	
factores de capacidad de carga	$N_\gamma$	
esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación	q	
ancho efectivo	$B'$	
ángulo de inclinación	$\psi$	
factores de profundidad	Fcd	
factores de profundidad	Fqd	
factores de profundidad	Fyd	
factores de inclinación de la carga	Fci	
factores de inclinación de la carga	Fqi	
factores de inclinación de la carga	Fyi	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{yd} \cdot F_{yi}$		
Capacidad de Última Carga	$q_u$	kg/m <sup>2</sup>
Factor de seguridad de capacidad de carga	F.S. cc = $q_u/q_{m\acute{a}x}$	
	F.S. Cc $> 3$	

2475.779	2380.009	2435.354
1.000	1.000	1.000
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
1722.628	1727.261	1631.402
2.885	2.826	2.840
42.120	44.068	43.887
1.139	1.142	1.141
1.108	1.109	1.100
1.000	1.000	1.000
0.283	0.260	0.263
0.283	0.260	0.263
1.539	2.349	4.753
21490.957	25853.346	27831.505
8.680	10.863	11.428
Aceptable	Aceptable	Aceptable



TESIS:

EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

DIQUE DE GAVIÓN - TIPO DG-3 - Con 50 años de período de retorno sin fuerza sísmica

DATOS	Simb.	Und.
Profundidad máxima		m
Altura efectiva de la presa	$h_3$	m
Longitud efectiva del vertedor	$L_3$	m
Área total	$A_{total}$	$m^2$
Caudal máximo de diseño	$Q$	$m^3/s$
Ancho sección transversal		m
Coefficiente del vertedor	CV	
Peso específico de la piedra	$\gamma_p$	$kg/m^3$
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$
Peso específico del agua	$\gamma_a$	$kg/m^3$
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	$kg/m^3$
Bordo libre del vertedor	HI	m
Coefficiente de rozamiento a piedra sobre piedra	$\mu$	
Angulo de fricción	$\phi$	grados
Cohesión	C	$KN/m^2$
Aceleración horizontal E.030	Z	

CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
6.872	7.249	7.090
3.000	3.000	3.000
5.000	5.000	5.000
1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
3.600	0.600	1.900
24.647	26.162	15.306
1.450	1.450	1.450
2,700.000	2,700.000	2,700.000
1,471.028	1,471.028	1,471.028
1,000.000	1,000.000	1,000.000
1,722.628	1,727.261	1,631.402
0.200	0.200	0.200
0.750	0.750	0.750
18.800	17.400	13.800
2.18	4.953	5.286
0.35	0.35	0.35

DISEÑO DE DIQUE

1 CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO	Q	$m^3/s$
---------------------------------------	---	---------

3.600	0.600	1.900
-------	-------	-------

2 DISEÑO DEL VERTEDOR	Hd	m
	(recomendación)	

0.627	0.190	0.410
0.650	0.200	0.400

3 DETERMINACIÓN DE FUERZAS SOBRE LA SECCIÓN CRÍTICA UNITARIA

3.1. CÁLCULO DE LA LÍNEA DE ACCIÓN DEL PESO DEL GAVIÓN

Distancia de posición de P respecto al punto A	$Z_p$	m
Distancia de posición de P respecto al punto B	$Z_p'$	m

1.281	1.281	1.281
2.719	2.719	2.719

3.2. CÁLCULO DEL PESO DE LA LÁMINA DE AGUA VERTIENTE (q)

Peso de la lámina de agua máxima vertiente	q	kg
Altura máxima del vertedor	$h'$	m
Ancho de corona de la presa	b	m
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m
Peso específico del agua con sedimentos	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$

956.168	294.206	588.411
0.650	0.200	0.400
1.0	1.0	1.0
1.0	1	1
1,471.028	1,471.028	1,471.028

3.3. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE MOJADO (S)

Superficie de mojado	S	$m^2$
Altura de la presa	$h_3$	m
Ancho de la sección crítica unitaria	a	m

3	3	3
3.0	3.0	3.0
1.0	1.0	1.0

3.4. CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA SUPERFICIE DE MOJADO

Centro de gravedad de la superficie de mojado	$h^{\wedge}$	m
---	--------------	---

1.5	1.5	1.5
-----	-----	-----

3.5. CÁLCULO DEL EMPUJE HIDROSTÁTICO

Empuje hidrostático	E	kg
---------------------	---	----

6619.626	6619.626	6619.626
----------	----------	----------

3.6. CÁLCULO DEL PESO DE LA SECCIÓN UNITARIA AGUAS ARRIBA (P)

Peso de la sección crítica unitaria	P	kg
Volumen de la sección crítica unitaria	$V_{scu}$	$m^3$
Peso específico aparente	$\gamma_0$	$kg/m^3$

9831.776	9831.776	9831.776
8.00	8.00	8.00
1,228.972	1,228.972	1,228.972

#### 4 ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

##### 4.1. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE EXCENTRICIDAD

Base de la presa	B	m
Distancia media del ancho de la corona	$X_q$	m
Distancia de posición del peso	$X_p$	m
Distancia de altura donde aplica el empuje	$X_E$	m
$q(X_q)+P(X_p)+E(X_E)$ $(2*(q+P)*B)/3$		
<b>Comprobacion "e": <math>q(X_q)+P(X_p)+E(X_E) \leq (2*(q+P)*B)/3</math></b>		
Excentricidad	$e_x$	m
	B/6	m
<b>Comprobacion de la Excentricidad</b>		<b><math>e_x &lt; B/6</math></b>

4.0	4.0	4.0
0.5	0.50	0.50
1.28	1.28	1.28
1.50	1.50	1.50
<b>23004.486</b>	<b>22673.505</b>	<b>22820.607</b>
<b>28767.850</b>	<b>27002.617</b>	<b>27787.165</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>
<b>0.533</b>	<b>0.560</b>	<b>0.548</b>
0.667	0.667	0.667
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

##### 4.2. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

Sumatoria de fuerzas verticales	$\mu$	
Condición de seguridad al deslizamiento	FSD	
Empuje Hidrostático	E	kg
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	<b><math>FSD \geq E</math></b>	
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	F.DH	
	<b><math>F.DH \geq 1.5</math></b>	

0.750	0.750	0.750
<b>8090.958</b>	<b>7594.486</b>	<b>7815.140</b>
<b>6619.626</b>	<b>6619.626</b>	<b>6619.626</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>
<b>1.222</b>	<b>1.147</b>	<b>1.181</b>
<b>Corregir</b>	<b>Corregir</b>	<b>Corregir</b>

##### 4.3. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DE SEGURIDAD AL VOLTEAMIENTO

Distancia de (E) respecto al punto B	$Y'$	m
Distancia de (Se) respecto al punto B	L	m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	$\Sigma M_P_B$	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	$\Sigma M_E_B$	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	FSV	
	<b><math>FSV \geq 1</math></b>	
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	F.DV	
	<b><math>F.DV \geq 1.5</math></b>	

1.500	1.500	1.500
1.470	1.470	1.470
26730.140	26730.140	26730.140
9929.439	9929.439	9929.439
<b>2.692</b>	<b>2.692</b>	<b>2.692</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>
<b>2.692</b>	<b>2.692</b>	<b>2.692</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

##### 4.4. ANÁLISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	$q_{m\acute{a}x}$	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	$N_c$	
factores de capacidad de carga	$N_q$	
factores de capacidad de carga	$N_\gamma$	
esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación	q	
ancho efectivo	$B'$	
ángulo de inclinación	$\psi$	
factores de profundidad	$F_{cd}$	
factores de profundidad	$F_{qd}$	
factores de profundidad	$F_{yd}$	
factores de inclinación de la carga	$F_{ci}$	
factores de inclinación de la carga	$F_{qi}$	
factores de inclinación de la carga	$F_{yi}$	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{yd} \cdot F_{yi}$		
<b>Capacidad de Última Carga</b>	$q_u$	kg/m <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad de capacidad de carga</b>	F.S. cc = $q_u/q_{m\acute{a}x}$	
	<b><math>FS. Cc &gt; 3</math></b>	

2426.828	2328.568	2372.239
1.000	1.000	1.000
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
1722.628	1727.261	1631.402
2.934	2.880	2.905
39.288	41.077	40.265
1.136	1.139	1.138
1.107	1.107	1.098
1.000	1.000	1.000
0.317	0.295	0.305
0.317	0.295	0.305
1.188	1.852	3.678
18228.042	22208.796	23248.691
<b>7.511</b>	<b>9.538</b>	<b>9.800</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>



TESIS:  
EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

### DIQUE DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM-2 - Condiciones Normales

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
Profundidad máxima		m	6.872	7.249	7.090
Altura efectiva de la presa	$h_2$	m	2.000	2.000	2.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_2$	m	4.000	4.000	4.000
Área total	$A_{total}$	$m^2$	1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
Caudal máximo de diseño (5 años)	$Q$	$m^3/s$	1.260	0.312	0.895
Ancho sección transversal		m	24.647	26.162	15.306
Coefficiente del vertedor	CV		1.450	1.450	1.450
Peso específico de mampostería	$\gamma_m$	$kg/m^3$	2,300.000	2,300.000	2,300.000
Peso específico del agua con sedimentos	w	$kg/m^3$	1,800.000	1,800.000	1,800.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028	1,471.028	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	$kg/m^3$	1,000.000	1,000.000	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	$kg/m^3$	1,722.628	1,727.261	1,631.402
Bordo libre del vertedor	HI	m	0.200	0.200	0.200
Coefficiente de subpresión	K		0.333	0.333	0.333
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800	17.400	13.800
Cohesión	C	$KN/m^2$	2.18	4.953	5.286
Aceleración horizontal E.030	Z		0.35	0.35	0.35

### DISEÑO DE DIQUE

<b>1 CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO MÁXIMO</b>	$Q$	$m^3/s$	<b>1.260</b>	<b>0.312</b>	<b>0.895</b>
<b>2 CARGA SOBRE LA CRESTA DEL VERTEDOR</b>	Hd	m	0.361	0.143	0.288
	(recomendación)		<b>0.350</b>	<b>0.150</b>	<b>0.300</b>
<b>3 CÁLCULO DEL ANCHO DE LA CORONA</b>	e	m	0.270	0.092	0.224
	(DISEÑO)		<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>
<b>4 CÁLCULO DE LA BASE DEL DIQUE</b>	B	m	<b>2.168</b>	<b>1.916</b>	<b>2.103</b>
Altura total del dique	Ht	m	2.550	2.350	2.500
Cálculo de las variables a, b y c	a		-3190.000	-3310.000	-3220.000
	b		-4830.000	-3910.000	-4600.000
	c		25458.925	19642.825	23913.100

#### 4.1. CÁLCULO EMPUJE DINÁMICO (Ph-din)

<b>Empuje dinámico</b>	Ph-din	$kg/m$	<b>309.417</b>	<b>325.157</b>	<b>398.948</b>
Peso específico del relleno	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1471.03	1471.03	1471.03
Altura de la presa	$h_2$	m	2.00	2.00	2.00
Ángulo de fricción del relleno	$\phi$	grados	18.80	17.40	13.80
Ángulo de fricción en el contactosuelo - muro	$\delta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del relleno	$\beta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del respaldo del muro	$\theta$	grados	90.00	90.00	90.00
Coefficiente sísmico horizontal	Kh		0.175	0.175	0.175
Coefficiente sísmico vertical	Kv		0.117	0.117	0.117
Aceleración horizontal E.030	Z		0.350	0.350	0.350
Ángulo sísmico	$\eta$	grados	11.206	11.206	11.206
Coefficiente de presión de tierra activa dinámico	Kae		0.699	0.736	0.850
<b>Empuje total</b>	Ph	$kg$	<b>1817.383</b>	<b>1912.683</b>	<b>2207.763</b>
Coefficiente de presión de tierra estática	Ka		0.513	0.540	0.615
<b>Empuje estático</b>	Ph-est	$kg$	<b>1507.966</b>	<b>1587.526</b>	<b>1808.814</b>
Distancia de empuje	L	m	0.667	0.667	0.667

### CÁLCULO DE FUERZA Y MOMENTO DE LA BASE

	CHAQUIPA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
W <sub>1</sub>	2300.000	1.750	4025.000
W <sub>2</sub>	3450.000	1.000	3450.000
F	2942.056	0.667	1961.371
S	666.667	1.333	888.889
Ph-d	309.417	0.667	206.278

	MARANCHACRA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
W <sub>1</sub>	2300.000	1.750	4025.000
W <sub>2</sub>	3450.000	1.000	3450.000
F	2942.056	0.667	1961.371
S	666.667	1.333	888.889
Ph-d	325.157	0.667	216.771

	MACHGYACU		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
W <sub>1</sub>	2300.000	1.750	4025.000
W <sub>2</sub>	3450.000	1.000	3450.000
F	2942.056	0.667	1961.371
S	666.667	1.333	888.889
Ph-d	398.948	0.667	265.965

### 5 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

Ancho de la corona	e	m
Base del dique	B	m
Centro de gravedad del dique	X	m
Peso de la presa de mampostería	W	kg/m
Fuerza de empuje de los sedimentos	F	kg/m
Empuje dinámico	Ph-din	kg
Subpresión del agua	S	kg/m
Resultante normal	Rn	kg/m
Espaciamento	Z	m
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobación de la Excentricidad</b>	<b>ex &lt; B/6</b>	

0.50	0.50	0.50
2.000	2.000	2.000
0.700	0.700	0.700
6264.860	5970.654	6191.308
2942.056	2942.056	2942.056
309.417	325.157	398.948
666.667	666.667	666.667
5598.193	5303.988	5524.642
0.909	0.885	0.893
<b>0.091</b>	<b>0.115</b>	<b>0.107</b>
0.333	0.333	0.333
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.1. ANALISIS POR DESLIZAMIENTO HORIZONTAL

Sumatoria de fuerzas verticales	$\Sigma Fv$	kg/m
Sumatoria de fuerzas horizontales	$\Sigma Fh$	kg/m
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	F.DH	
	<b>F.DH <math>\geq</math> 1.5</b>	

6264.860	5970.654	6191.308
3251.473	3267.213	3341.004
<b>1.927</b>	<b>1.827</b>	<b>1.853</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.2. ANALISIS POR VOLTEO

Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	$\Sigma MR$	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	$\Sigma MA$	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	F.DV	
	<b>F.DV <math>\geq</math> 1.5</b>	

8363.889	8363.889	8363.889
2167.649	2178.142	2227.336
<b>3.859</b>	<b>3.840</b>	<b>3.755</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.3. ANÁLISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	$q_{m\acute{a}x}$	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	$N_c$	
factores de capacidad de carga	$N_q$	
factores de capacidad de carga	$N_\gamma$	
cimentación	q	
ancho efectivo	B'	
ángulo de inclinación	$\psi$	
factores de profundidad	Fcd	
factores de profundidad	Fqd	
factores de profundidad	Fyd	
factores de inclinación de la carga	Fci	
factores de inclinación de la carga	Fqi	
factores de inclinación de la carga	Fyi	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{yd} \cdot F_{yi}$		
<b>Capacidad de Última Carga</b>	$q_u$	kg/m <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad de capacidad de carga</b>	c = $q_u/q_{m\acute{a}x}$	
	<b>FS. Cc &gt; 3</b>	

3989.224	4013.930	4091.089
1.550	1.200	1.200
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
2670.073	2072.713	1957.683
1.818	1.770	1.786
27.429	28.688	28.353
1.341	1.271	1.269
1.267	1.209	1.191
1.000	2.000	3.000
0.483	0.464	0.469
0.483	0.464	0.469
0.211	0.421	1.112
12791.703	14362.146	17964.650
<b>3.207</b>	<b>3.578</b>	<b>4.391</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

### 6 DISEÑO DEL COLCHÓN HIDRAÚLICO

Longitud de cresta vertedora	Bv	m
Cálculo del gasto unitario	q	m <sup>3</sup> /s/m
Cálculo del tirante crítico	dc	m
Cálculo de la carga de velocidad al presentarse al tirante crítico	hvc	m
Cálculo de pérdidas de carga total	z+dc+hvc	
	d1	
	v1	
	hv1	
	d1+hv1	
Cálculo de la altura de la superficie libre del agua	d2	m
Cálculo de longitud del colchón hidráulico	Lc	m
	(recomendación)	
Cálculo de profundidad del colchón hidráulico	Pc	m
	(recomendación)	
Cálculo de Número de Froude	FR	
Longitud de salto	Ls	m
Longitud del tanque disipador	Lt	m

3.000	3.000	3.000
0.420	0.104	0.298
0.262	0.103	0.209
0.131	0.052	0.104
2.393	2.155	2.313
<b>0.176</b>	<b>0.048</b>	<b>0.129</b>
2.393	2.154	2.313
0.292	0.237	0.273
0.467	0.285	0.402
0.373	0.191	0.316
0.989	0.713	0.935
<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
0.111	0.088	0.107
<b>0.100</b>	<b>0.100</b>	<b>0.100</b>
1.824	3.130	2.056
<b>1.385</b>	<b>0.999</b>	<b>1.309</b>
<b>1.662</b>	<b>1.199</b>	<b>1.571</b>



**TESIS:**  
 EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
 CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

**DIQUE DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM-2 - Con 5 años de período de retorno**

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
Profundidad máxima		m	6.872	7.249	7.090
Altura efectiva de la presa	$h_2$	m	2.000	2.000	2.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_2$	m	4.000	4.000	4.000
Área total	$A_{total}$	m <sup>2</sup>	1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
Caudal máximo de diseño (5 años)	Q	m <sup>3</sup> /s	2.000	0.300	1.100
Ancho sección transversal		m	24.647	26.162	15.306
Coefficiente del vertedor	CV		1.450	1.450	1.450
Peso específico de mampostería	$\gamma_m$	kg/m <sup>3</sup>	2,300.000	2,300.000	2,300.000
Peso específico del agua con sedimentos	w	kg/m <sup>3</sup>	1,800.000	1,800.000	1,800.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	kg/m <sup>3</sup>	1,471.028	1,471.028	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	kg/m <sup>3</sup>	1,000.000	1,000.000	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	kg/m <sup>3</sup>	1,722.628	1,727.261	1,631.402
Bordo libre del vertedor	Hl	m	0.200	0.200	0.200
Coefficiente de subpresión	K		0.333	0.333	0.333
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800	17.400	13.800
Cohesión	C	KN/m <sup>2</sup>	2.18	4.953	5.286
Aceleración horizontal E.030	Z		0.35	0.35	0.35

**DISEÑO DE DIQUE**

<b>1 CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO MÁXIMO</b>	Q	m <sup>3</sup> /s	2.000	0.300	1.100
<b>2 CARGA SOBRE LA CRESTA DEL VERTEDOR</b>	Hd	m	0.492	0.139	0.330
	(recomendación)		0.500	0.150	0.350
<b>3 CÁLCULO DEL ANCHO DE LA CORONA</b>	e	m	0.414	0.092	0.270
	(DISEÑO)		0.50	0.50	0.50
<b>4 CÁLCULO DE LA BASE DEL DIQUE</b>	B	m	2.369	1.916	2.168
Altura total del dique	Ht	m	2.700	2.350	2.550
Cálculo de las variables a, b y c	a		-3100.000	-3310.000	-3190.000
	b		-5520.000	-3910.000	-4830.000
	c		30482.500	19642.825	25458.925

**4.1. CÁLCULO EMPUJE DINÁMICO (Ph-din)**

<b>Empuje dinámico</b>	Ph-din	kg/m	309.417	325.157	398.948
Peso específico del relleno	$\gamma_{az}$	kg/m <sup>3</sup>	1471.03	1471.03	1471.03
Altura de la presa	$h_2$	m	2.00	2.00	2.00
Ángulo de fricción del relleno	$\phi$	grados	18.80	17.40	13.80
Ángulo de fricción en el contactosuelo - muro	$\delta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del relleno	$\beta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del respaldo del muro	$\theta$	grados	90.00	90.00	90.00
Coefficiente sísmico horizontal	Kh		0.175	0.175	0.175
Coefficiente sísmico vertical	Kv		0.117	0.117	0.117
Aceleración horizontal E.030	Z		0.350	0.350	0.350
<b>Ángulo sísmico</b>	$\eta$	grados	11.206	11.206	11.206
<b>Coefficiente de presión de tierra activa dinámico</b>	Kae		0.699	0.736	0.850
<b>Empuje total</b>	Ph	kg	1817.383	1912.683	2207.763
<b>Coefficiente de presión de tierra estática</b>	Ka		0.513	0.540	0.615
<b>Empuje estático</b>	Ph-est	kg	1507.966	1587.526	1808.814
Distancia de empuje	L	m	0.667	0.667	0.667

**CÁLCULO DE FUERZA Y MOMENTO DE LA BASE**

	CHAQUIPA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
W <sub>1</sub>	2300.000	1.750	4025.000
W <sub>2</sub>	3450.000	1.000	3450.000
F	2942.056	0.667	1961.371
S	666.667	1.333	888.889
Ph-d	309.417	0.667	206.278

	MARANCHACRA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
W <sub>1</sub>	2300.000	1.750	4025.000
W <sub>2</sub>	3450.000	1.000	3450.000
F	2942.056	0.667	1961.371
S	666.667	1.333	888.889
Ph-d	325.157	0.667	216.771

	MACHGYACU		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
W <sub>1</sub>	2300.000	1.750	4025.000
W <sub>2</sub>	3450.000	1.000	3450.000
F	2942.056	0.667	1961.371
S	666.667	1.333	888.889
Ph-d	398.948	0.667	265.965

### 5 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

Ancho de la corona	e	m
Base del dique	B	m
Centro de gravedad del dique	X	m
Peso de la presa de mampostería	W	kg/m
Fuerza de empuje de los sedimentos	F	kg/m
Empuje dinámico	Ph-din	kg
Subpresión del agua	S	kg/m
Resultante normal	Rn	kg/m
Espaciamiento	Z	m
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobacion de la Excentricidad</b>	<b>ex &lt; B/6</b>	

0.50	0.50	0.50
2.000	2.000	2.000
0.700	0.700	0.700
6485.514	5970.654	6264.860
2942.056	2942.056	2942.056
309.417	325.157	398.948
666.667	666.667	666.667
5818.847	5303.988	5598.193
0.914	0.875	0.886
<b>0.086</b>	<b>0.125</b>	<b>0.114</b>
0.333	0.333	0.333
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.1. ANALISIS POR DESLIZAMIENTO HORIZONTAL

Sumatoria de fuerzas verticales	$\Sigma F_v$	kg/m
Sumatoria de fuerzas horizontales	$\Sigma F_h$	kg/m
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	F.DH	
	<b>F.DH <math>\geq</math> 1.5</b>	

6485.514	5970.654	6264.860
3251.473	3267.213	3341.004
<b>1.995</b>	<b>1.827</b>	<b>1.875</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.2. ANALISIS POR VOLTEO

Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	$\Sigma MR$	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	$\Sigma MA$	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	F.DV	
	<b>F.DV <math>\geq</math> 1.5</b>	

8363.889	8363.889	8363.889
2167.649	2178.142	2227.336
<b>3.859</b>	<b>3.840</b>	<b>3.755</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.3. ANALISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	$q_{m\acute{a}x}$	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	$N_c$	
factores de capacidad de carga	$N_q$	
factores de capacidad de carga	$N_\gamma$	
cimentación	q	
ancho efectivo	B'	
ángulo de inclinación	$\psi$	
factores de profundidad	Fcd	
factores de profundidad	Fqd	
factores de profundidad	Fyd	
factores de inclinación de la carga	Fci	
factores de inclinación de la carga	Fqi	
factores de inclinación de la carga	Fyi	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{yd} \cdot F_{yi}$		
<b>Capacidad de Última Carga</b>	$q_u$	kg/m <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad de capacidad de carga</b>	F.S. cc = $q_u/q_{m\acute{a}x}$	
	<b>F.S. Cc &gt; 3</b>	

4075.088	4109.097	4205.496
1.550	1.200	1.200
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
2670.073	2072.713	1957.683
1.829	1.749	1.772
26.627	28.688	28.071
1.339	1.274	1.271
1.265	1.211	1.193
1.000	2.000	3.000
0.496	0.464	0.473
0.496	0.464	0.473
0.173	0.421	1.069
12808.621	14326.156	17544.132
<b>3.143</b>	<b>3.486</b>	<b>4.172</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

### 6 DISEÑO DEL COLCHÓN HIDRAÚLICO

Longitud de cresta vertedora	Bv	m
Cálculo del gasto unitario	q	m <sup>3</sup> /s/m
Cálculo del tirante crítico	dc	m
Cálculo de la carga de velocidad al presentarse al tirante crítico	hvc	m
Cálculo de pérdidas de carga total	z+dc+hvc	
	d1	
	v1	
	hv1	
	d1+hv1	

3.000	3.000	3.000
0.667	0.100	0.367
0.356	0.101	0.239
0.178	0.050	0.120
2.535	2.151	2.359
<b>0.263</b>	<b>0.047</b>	<b>0.155</b>
2.535	2.151	2.360
0.327	0.236	0.284
0.590	0.282	0.439

Cálculo de de la altura de la superficie libre del agua	d2	m
Cálculo de longitud del colchón hidráulico	Lc	m
	(recomendación)	
Cálculo de profundidad del colchón hidráulico	Pc	m
	(recomendación)	
Cálculo de Número de Froude	FR	

0.470	0.187	0.349
1.035	0.705	0.970
<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
0.114	0.087	0.110
<b>0.100</b>	<b>0.100</b>	<b>0.100</b>
1.578	3.184	1.911

Longitud de salto	Ls	m
Longitud del tanque disipador	Lt	m

<b>1.449</b>	<b>0.986</b>	<b>1.358</b>
<b>1.739</b>	<b>1.184</b>	<b>1.630</b>



TESIS:  
EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

**DIQUE DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM-2 - Con 50 años de período de retorno**

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
Profundidad máxima		m	6.872	7.249	7.090
Altura efectiva de la presa	$h_2$	m	2.000	2.000	2.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_2$	m	4.000	4.000	4.000
Área total	$A_{total}$	m <sup>2</sup>	1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
Caudal máximo de diseño (5 años)	$Q$	m <sup>3</sup> /s	3.600	0.600	1.900
Ancho sección transversal		m	24.647	26.162	15.306
Coefficiente del vertedor	CV		1.450	1.450	1.450
Peso específico de mampostería	$\gamma_m$	kg/m <sup>3</sup>	2,300.000	2,300.000	2,300.000
Peso específico del agua con sedimentos	$w$	kg/m <sup>3</sup>	1,800.000	1,800.000	1,800.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	kg/m <sup>3</sup>	1,471.028	1,471.028	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	kg/m <sup>3</sup>	1,000.000	1,000.000	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	kg/m <sup>3</sup>	1,722.628	1,727.261	1,631.402
Bordo libre del vertedor	Hl	m	0.200	0.200	0.200
Coefficiente de subpresión	K		0.333	0.333	0.333
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800	17.400	13.800
Cohesión	C	KN/m <sup>2</sup>	2.18	4.953	5.286
Aceleración horizontal E.030	Z		0.35	0.35	0.35

**DISEÑO DE DIQUE**

<b>1 CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO MÁXIMO</b>	$Q$	m <sup>3</sup> /s	3.600	0.600	1.900
<b>2 CARGA SOBRE LA CRESTA DEL VERTEDOR</b>	Hd	m	0.728	0.220	0.475
	(recomendación)		0.750	0.200	0.500
<b>3 CÁLCULO DEL ANCHO DE LA CORONA</b>	e	m	0.662	0.134	0.414
	(DISEÑO)		0.50	0.50	0.50
<b>4 CÁLCULO DE LA BASE DEL DIQUE</b>	B	m	2.731	1.977	2.369
Altura total del dique	Ht	m	2.950	2.400	2.700
Cálculo de las variables a, b y c	a		-2950.000	-3280.000	-3100.000
	b		-6670.000	-4140.000	-5520.000
	c		40223.125	21006.400	30482.500

**4.1. CÁLCULO EMPUJE DINÁMICO (Ph-din)**

Empuje dinámico	Ph-din	kg/m	309.417	325.157	398.948
Peso específico del relleno	$\gamma_{az}$	kg/m <sup>3</sup>	1471.03	1471.03	1471.03
Altura de la presa	$h_2$	m	2.00	2.00	2.00
Ángulo de fricción del relleno	$\phi$	grados	18.80	17.40	13.80
Ángulo de fricción en el contacto suelo - muro	$\delta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del relleno	$\beta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del respaldo del muro	$\theta$	grados	90.00	90.00	90.00
Coefficiente sísmico horizontal	$K_h$		0.175	0.175	0.175
Coefficiente sísmico vertical	$K_v$		0.117	0.117	0.117
Aceleración horizontal E.030	Z		0.350	0.350	0.350
Ángulo sísmico	$\eta$	grados	11.206	11.206	11.206
Coefficiente de presión de tierra activa dinámico	Kae		0.699	0.736	0.850
Empuje total	Ph	kg	1817.383	1912.683	2207.763
Coefficiente de presión de tierra estática	Ka		0.513	0.540	0.615
Empuje estático	Ph-est	kg	1507.966	1587.526	1808.814
Distancia de empuje	L	m	0.667	0.667	0.667

**CÁLCULO DE FUERZA Y MOMENTO DE LA BASE**

	CHAQUIPA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
W <sub>1</sub>	2300.000	1.750	4025.000
W <sub>2</sub>	3450.000	1.000	3450.000
F	2942.056	0.667	1961.371
S	666.667	1.333	888.889
Ph-d	309.417	0.667	206.278

	MARANCHACRA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
W <sub>1</sub>	2300.000	1.750	4025.000
W <sub>2</sub>	3450.000	1.000	3450.000
F	2942.056	0.667	1961.371
S	666.667	1.333	888.889
Ph-d	325.157	0.667	216.771

	MACHGYACU		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
W <sub>1</sub>	2300.000	1.750	4025.000
W <sub>2</sub>	3450.000	1.000	3450.000
F	2942.056	0.667	1961.371
S	666.667	1.333	888.889
Ph-d	398.948	0.667	265.965

### 5 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

Ancho de la corona	e	m
Base del dique	B	m
Centro de gravedad del dique	X	m
Peso de la presa de mampostería	W	kg/m
Fuerza de empuje de los sedimentos	F	kg/m
Empuje dinámico	Ph-din	kg
Subpresión del agua	S	kg/m
Resultante normal	Rn	kg/m
Espaciamiento	Z	m
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobación de la Excentricidad</b>	<b>ex &lt; B/6</b>	

0.50	0.50	0.50
2.000	2.000	2.000
0.700	0.700	0.700
6853.271	6044.206	6485.514
2942.056	2942.056	2942.056
309.417	325.157	398.948
666.667	666.667	666.667
6186.604	5377.539	5818.847
0.946	0.891	0.913
<b>0.054</b>	<b>0.109</b>	<b>0.087</b>
0.333	0.333	0.333
<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

#### 5.1. ANALISIS POR DESLIZAMIENTO HORIZONTAL

Sumatoria de fuerzas verticales	$\Sigma F_v$	kg/m
Sumatoria de fuerzas horizontales	$\Sigma F_h$	kg/m
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	F.DH	
	<b>F.DH <math>\geq</math> 1.5</b>	

6853.271	6044.206	6485.514
3251.473	3267.213	3341.004
<b>2.108</b>	<b>1.850</b>	<b>1.941</b>
<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

#### 5.2. ANALISIS POR VOLTEO

Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	$\Sigma MR$	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	$\Sigma MA$	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	F.DV	
	<b>F.DV <math>\geq</math> 1.5</b>	

8363.889	8363.889	8363.889
2167.649	2178.142	2227.336
<b>3.859</b>	<b>3.840</b>	<b>3.755</b>
<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

#### 5.3. ANALISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	$q_{m\acute{a}x}$	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	$N_c$	
factores de capacidad de carga	$N_q$	
factores de capacidad de carga	$N_\gamma$	
cimentación	q	
ancho efectivo	B'	
ángulo de inclinación	$\psi$	
factores de profundidad	Fcd	
factores de profundidad	Fqd	
factores de profundidad	Fyd	
factores de inclinación de la carga	Fci	
factores de inclinación de la carga	Fqi	
factores de inclinación de la carga	Fyi	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{yd} \cdot F_{yi}$		
<b>Capacidad de Última Carga</b>	$q_u$	kg/m <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad de capacidad de carga</b>	F.S. cc = $q_u/q_{m\acute{a}x}$	
	<b>FS. Cc &gt; 3</b>	

3981.440	4011.933	4085.212
1.550	1.200	1.200
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
2670.073	2072.713	1957.683
1.892	1.782	1.827
25.382	28.394	27.255
1.328	1.269	1.263
1.256	1.207	1.187
1.000	2.000	3.000
0.515	0.469	0.486
0.515	0.469	0.486
0.123	0.399	0.951
12846.259	14223.534	16834.111
<b>3.227</b>	<b>3.545</b>	<b>4.121</b>
<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

### 6 DISEÑO DEL COLCHÓN HIDRAÚLICO

Longitud de cresta vertedora	Bv	m
Cálculo del gasto unitario	q	m <sup>3</sup> /s/m
Cálculo del tirante crítico	dc	m
Cálculo de la carga de velocidad al presentarse al tirante crítico	hvc	m
Cálculo de pérdidas de carga total	z+dc+hvc	
	d1	
	v1	
	hv1	
	d1+hv1	

3.000	3.000	3.000
1.200	0.200	0.633
0.528	0.160	0.345
0.264	0.080	0.172
2.791	2.240	2.517
<b>0.430</b>	<b>0.089</b>	<b>0.252</b>
2.791	2.247	2.514
0.397	0.257	0.322
0.827	0.346	0.574

Cálculo de la altura de la superficie libre del agua	d2	m
Cálculo de longitud del colchón hidráulico	Lc	m
	(recomendación)	
Cálculo de profundidad del colchón hidráulico	Pc	m
	(recomendación)	
Cálculo de Número de Froude	FR	

0.639	0.261	0.458
1.044	0.862	1.028
<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
0.111	0.102	0.113
<b>0.100</b>	<b>0.100</b>	<b>0.100</b>
1.359	2.405	1.599

Longitud de salto	Ls	m
Longitud del tanque disipador	Lt	m

<b>1.462</b>	<b>1.207</b>	<b>1.440</b>
<b>1.754</b>	<b>1.449</b>	<b>1.728</b>



**TESIS:**  
 EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA,  
 MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN  
 PASCO

CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

**DIQUE DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM-2 - Con 50 años de período de retorno sin fuerza sísmica**

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
Profundidad máxima		m	6.872	7.249	7.090
Altura efectiva de la presa	$h_2$	m	2.000	2.000	2.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_2$	m	4.000	4.000	4.000
Área total	$A_{total}$	m <sup>2</sup>	1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
Caudal máximo de diseño (5 años)	$Q$	m <sup>3</sup> /s	3.600	0.600	1.900
Ancho sección transversal		m	24.647	26.162	15.306
Coefficiente del vertedor	CV		1.450	1.450	1.450
Peso específico de mampostería	$\gamma_m$	kg/m <sup>3</sup>	2,300.000	2,300.000	2,300.000
Peso específico del agua con sedimentos	$w$	kg/m <sup>3</sup>	1,800.000	1,800.000	1,800.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	kg/m <sup>3</sup>	1,471.028	1,471.028	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	kg/m <sup>3</sup>	1,000.000	1,000.000	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	kg/m <sup>3</sup>	1,722.628	1,727.261	1,631.402
Bordo libre del vertedor	Hl	m	0.200	0.200	0.200
Coefficiente de subpresión	K		0.333	0.333	0.333
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800	17.400	13.800
Cohesión	C	KN/m <sup>2</sup>	2.18	4.953	5.286
Aceleración horizontal E.030	Z		0.35	0.35	0.35

**DISEÑO DE DIQUE**

<b>1 CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO MÁXIMO</b>	$Q$	m <sup>3</sup> /s	<b>3.600</b>	<b>0.600</b>	<b>1.900</b>
<b>2 CARGA SOBRE LA CRESTA DEL VERTEDOR</b>	$H_d$	m	0.728	0.220	0.475
	(recomendación)		<b>0.750</b>	<b>0.200</b>	<b>0.500</b>
<b>3 CÁLCULO DEL ANCHO DE LA CORONA</b>	$e$	m	0.662	0.134	0.414
	(DISEÑO)		<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>
<b>4 CÁLCULO DE LA BASE DEL DIQUE</b>	$B$	m	<b>2.731</b>	<b>1.977</b>	<b>2.369</b>
Altura total del dique	$H_t$	m	2.950	2.400	2.700
Cálculo de las variables a, b y c	$a$		-2950.000	-3280.000	-3100.000
	$b$		-6670.000	-4140.000	-5520.000
	$c$		40223.125	21006.400	30482.500

**CÁLCULO DE CENTRO DE GRAVEDAD DEL DIQUE**

CHAQUIPA				MARANCHACRA				MACHGYACU			
	x	A	$xA$		x	A	$xA$		x	A	$xA$
1	0.25	1.00	0.25	1	0.25	1.00	0.25	1	0.25	1.00	0.25
2	1.00	1.50	1.50	2	1.00	1.50	1.50	2	1.00	1.50	1.50
T	1.25	2.50	1.75	T	1.25	2.50	1.75	T	1.25	2.50	1.75
	$X$		<b>0.70</b>		$X$		<b>0.70</b>		$X$		<b>0.70</b>

**CÁLCULO DE FUERZA Y MOMENTO DE LA BASE**

CHAQUIPA			MARANCHACRA			MACHGYACU					
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)		FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)		FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
$W_1$	2300.000	1.750	4025.000	$W_1$	2300.000	1.750	4025.000	$W_1$	2300.000	1.750	4025.000
$W_2$	3450.000	1.000	3450.000	$W_2$	3450.000	1.000	3450.000	$W_2$	3450.000	1.000	3450.000
F	2942.056	0.667	1961.371	F	2942.056	0.667	1961.371	F	2942.056	0.667	1961.371
S	666.667	1.333	888.889	S	666.667	1.333	888.889	S	666.667	1.333	888.889

### 5 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

Ancho de la corona	e	m
Base del dique	B	m
Centro de gravedad del dique	X	m
Peso de la presa de mampostería	W	kg/m
Fuerza de empuje de los sedimentos	F	kg/m
Subpresión del agua	S	kg/m
Resultante normal	Rn	kg/m
Espaciamiento	Z	m
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobación de la Excentricidad</b>	<b>ex &lt; B/6</b>	

0.50	0.50	0.50
2.000	2.000	2.000
0.700	0.700	0.700
6853.271	6044.206	6485.514
2942.056	2942.056	2942.056
666.667	666.667	666.667
6186.604	5377.539	5818.847
0.979	0.931	0.959
<b>0.021</b>	<b>0.069</b>	<b>0.041</b>
0.333	0.333	0.333
<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

#### 5.1. ANALISIS POR DESLIZAMIENTO HORIZONTAL

Sumatoria de fuerzas verticales	$\Sigma F_v$	kg/m
Sumatoria de fuerzas horizontales	$\Sigma F_h$	kg/m
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	F.DH	
	<b>F.DH <math>\geq</math> 1.5</b>	

6853.271	6044.206	6485.514
2942.056	2942.056	2942.056
<b>2.329</b>	<b>2.054</b>	<b>2.204</b>
<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

#### 5.2. ANALISIS POR VOLTEO

Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	$\Sigma MR$	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	$\Sigma MA$	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	F.DV	
	<b>F.DV <math>\geq</math> 1.5</b>	

8363.889	8363.889	8363.889
1961.371	1961.371	1961.371
<b>4.264</b>	<b>4.264</b>	<b>4.264</b>
<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

#### 5.3. ANALISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	$q_{m\acute{a}x}$	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	$N_c$	
factores de capacidad de carga	$N_q$	
factores de capacidad de carga	$N_\gamma$	
cimentación	q	
ancho efectivo	B'	
ángulo de inclinación	$\psi$	
factores de profundidad	Fcd	
factores de profundidad	Fqd	
factores de profundidad	Fyd	
factores de inclinación de la carga	Fci	
factores de inclinación de la carga	Fqi	
factores de inclinación de la carga	Fyi	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{yd} \cdot F_{yi}$		
<b>Capacidad de Última Carga</b>	$q_u$	kg/m <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad de capacidad de carga</b>	F.S. cc = $q_u/q_{m\acute{a}x}$	
	<b>F.S. Cc &gt; 3</b>	

3638.680	3646.466	3640.556
1.550	1.200	1.200
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
2670.073	2072.713	1957.683
1.959	1.862	1.918
23.233	25.955	24.401
1.317	1.258	1.250
1.247	1.198	1.178
1.000	2.000	3.000
0.550	0.506	0.531
0.550	0.506	0.531
0.056	0.242	0.590
13078.563	13226.741	14156.617
<b>3.594</b>	<b>3.627</b>	<b>3.889</b>
<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

### 6 DISEÑO DEL COLCHÓN HIDRAÚLICO

Longitud de cresta vertedora	Bv	m
Cálculo del gasto unitario	q	m <sup>3</sup> /s/m
Cálculo del tirante crítico	dc	m
Cálculo de la carga de velocidad al presentarse al tirante crítico	hvc	m
Cálculo de pérdidas de carga total	z+dc+hvc	
	d1	
	v1	
	hv1	
	d1+hv1	

3.000	3.000	3.000
1.200	0.200	0.633
0.528	0.160	0.345
0.264	0.080	0.172
2.791	2.240	2.517
<b>0.430</b>	<b>0.089</b>	<b>0.252</b>
2.791	2.247	2.514
0.397	0.257	0.322
0.827	0.346	0.574

Cálculo de la altura de la superficie libre del agua	d2	m
Cálculo de longitud del colchón hidráulico	Lc	m
	(recomendación)	
Cálculo de profundidad del colchón hidráulico	Pc	m
	(recomendación)	
Cálculo de Número de Froude	FR	

0.639	0.261	0.458
1.044	0.862	1.028
<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
0.111	0.102	0.113
<b>0.100</b>	<b>0.100</b>	<b>0.100</b>
1.359	2.405	1.599

Longitud de salto	Ls	m
Longitud del tanque disipador	Lt	m

<b>1.462</b>	<b>1.207</b>	<b>1.440</b>
<b>1.754</b>	<b>1.449</b>	<b>1.728</b>



TESIS:  
EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

### DIQUE DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM-3 - Condiciones Normales

DATOS	Simb.	Und.
Profundidad máxima		m
Altura efectiva de la presa	$h_3$	m
Longitud efectiva del vertedor	$L_3$	m
Área total	$A_{total}$	$m^2$
Caudal máximo de diseño	$Q$	$m^3/s$
Ancho sección transversal		m
Coefficiente del vertedor	CV	
Peso específico de mampostería	$\gamma_m$	$kg/m^3$
Peso específico del agua con sedimentos	$w$	$kg/m^3$
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$
Peso específico del agua	$\gamma_a$	$kg/m^3$
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	$kg/m^3$
Bordo libre del vertedor	HL	m
Coefficiente de subpresión	K	
Angulo de fricción	$\phi$	grados
Cohesión	C	$KN/m^2$
Aceleración horizontal E.030	Z	

CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
6.872	7.249	7.090
3.000	3.000	3.000
5.000	5.000	5.000
1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
1.260	0.312	0.895
24.647	26.162	15.306
1.450	1.450	1.450
2,300.000	2,300.000	2,300.000
1,800.000	1,800.000	1,800.000
1,471.028	1,471.028	1,471.028
1,000.000	1,000.000	1,000.000
1,722.628	1,727.261	1,631.402
0.200	0.200	0.200
0.333	0.333	0.333
18.800	17.400	13.800
2.18	4.953	5.286
0.35	0.35	0.35

### DISEÑO DE DIQUE

<b>1 CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO MÁXIMO</b>	Q	$m^3/s$
---	---	---------

1.260	0.312	0.895
-------	-------	-------

<b>2 CARGA SOBRE LA CRESTA DEL VERTEDOR</b>	Hd	m
(recomendación)		

0.311	0.123	0.248
0.300	0.100	0.250

<b>3 CÁLCULO DEL ANCHO DE LA CORONA</b>	e	m
(recomendación)		

0.224	0.053	0.178
0.500	0.500	0.500

<b>4 CÁLCULO DE LA BASE DEL DIQUE</b>	B	m
Altura total del dique	Ht	m
Cálculo de las variables a, b y c	a	
	b	
	c	

3.159	2.884	3.089
3.500	3.300	3.450
-4920.000	-5040.000	-4950.000
-5750.000	-4830.000	-5520.000
67274.100	55866.300	64291.875

#### 4.1. CÁLCULO EMPUJE DINÁMICO (Ph-din)

Empuje dinámico	Ph-din	kg/m
Peso específico del relleno	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$
Altura de la presa	$h_3$	m
Ángulo de fricción del relleno	$\phi$	grados
Ángulo de fricción en el contactosuelo - muro	$\delta$	grados
Ángulo de inclinación del relleno	$\beta$	grados
Ángulo de inclinación del respaldo del muro	$\theta$	grados
Coefficiente sísmico horizontal	$K_h$	
Coefficiente sísmico vertical	$K_v$	
Aceleración horizontal E.030	Z	
Ángulo sísmico	$\eta$	grados
Coefficiente de presión de tierra activa dinámico	Kae	
Empuje total	Ph	kg
Coefficiente de presión de tierra estática	Ka	
Empuje estático	Ph-est	kg
Distancia de empuje	L	m

CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
696.188	731.603	897.633
1471.03	1471.03	1471.03
3.00	3.00	3.00
18.80	17.40	13.80
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00
90.00	90.00	90.00
0.175	0.175	0.175
0.117	0.117	0.117
0.350	0.350	0.350
11.206	11.206	11.206
0.699	0.736	0.850
4089.113	4303.537	4967.466
0.513	0.540	0.615
3392.925	3571.934	4069.833
1.000	1.000	1.000

### CÁLCULO DE FUERZA Y MOMENTO DE LA BASE

	CHAQUIPA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
W <sub>1</sub>	3450.000	2.750	9487.500
W <sub>2</sub>	8625.000	1.667	14375.000
F	6619.626	1.000	6619.626
S	1500.000	2.000	3000.000
Ph-d	696.188	1.000	696.188

	MARANCHACRA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
W <sub>1</sub>	3450.000	2.750	9487.500
W <sub>2</sub>	8625.000	1.667	14375.000
F	6619.626	1.000	6619.626
S	1500.000	2.000	3000.000
Ph-d	731.603	1.000	731.603

	MACHGYACU		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
W <sub>1</sub>	3450.000	2.750	9487.500
W <sub>2</sub>	8625.000	1.667	14375.000
F	6619.626	1.000	6619.626
S	1500.000	2.000	3000.000
Ph-d	897.633	1.000	897.633

### 5 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

Ancho de la corona	e	m
Base del dique	B	m
Centro de gravedad del dique	X	m
Peso de la presa de mampostería	W	kg/m
Fuerza de empuje de los sedimentos	F	kg/m
Empuje dinámico	Ph-din	kg
Subpresión del agua	S	kg/m
Resultante normal	Rn	kg/m
Espaciamiento	Z	m
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobación de la Excentricidad</b>	<b>ex &lt; B/6</b>	

0.500	0.500	0.500
3.000	3.000	3.000
1.024	1.024	1.024
12516.308	12222.103	12442.757
6619.626	6619.626	6619.626
696.188	731.603	897.633
1500.000	1500.000	1500.000
11016.308	10722.103	10942.757
1.292	1.270	1.265
<b>0.208</b>	<b>0.230</b>	<b>0.235</b>
0.500	0.500	0.500
<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

#### 5.1. ANALISIS POR DESLIZAMIENTO HORIZONTAL

Sumatoria de fuerzas verticales	ΣFv	kg/m
Sumatoria de fuerzas horizontales	ΣFh	kg/m
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	F.DH	
	<b>F.DH ≥ 1.5</b>	

12516.308	12222.103	12442.757
7315.814	7351.229	7517.260
<b>1.711</b>	<b>1.663</b>	<b>1.655</b>
<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

#### 5.2. ANALISIS POR VOLTEO

Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	ΣMR	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	ΣMA	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	F.DV	
	<b>F.DV ≥ 1.5</b>	

26862.500	26862.500	26862.500
7315.814	7351.229	7517.260
<b>3.672</b>	<b>3.654</b>	<b>3.573</b>
<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

#### 5.3. ANALISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	q <sub>máx</sub>	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	N <sub>c</sub>	
factores de capacidad de carga	N <sub>q</sub>	
factores de capacidad de carga	N <sub>γ</sub>	
esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación	q	
ancho efectivo	B'	
ángulo de inclinación	ψ	
factores de profundidad	F <sub>cd</sub>	
factores de profundidad	F <sub>qd</sub>	
factores de profundidad	F <sub>γd</sub>	
factores de inclinación de la carga	F <sub>ci</sub>	
factores de inclinación de la carga	F <sub>qi</sub>	
factores de inclinación de la carga	F <sub>yi</sub>	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$		
<b>Capacidad de Última Carga</b>	q <sub>u</sub>	kg/m <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad de capacidad de carga</b>	F.S. cc = q <sub>u</sub> /q <sub>máx</sub>	
	<b>FS. Cc &gt; 3</b>	

5904.126	5952.128	6099.963
2.000	1.500	1.500
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
3445.255	2590.891	2447.103
2.585	2.539	2.529
30.306	31.026	31.138
1.309	1.236	1.237
1.242	1.182	1.169
1.000	2.000	3.000
0.440	0.429	0.428
0.440	0.429	0.428
0.375	0.613	1.579
16278.369	19993.781	28986.077
<b>2.757</b>	<b>3.359</b>	<b>4.752</b>
<b>Corregir</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Acceptable</b>

### 6 DISEÑO DEL COLCHÓN HIDRAÚLICO

Longitud de cresta vertedora	Bv	m
Cálculo del gasto unitario	q	m <sup>3</sup> /s/m
Cálculo del tirante crítico	dc	m
Cálculo de la carga de velocidad al presentarse al tirante crítico	hvc	m
Cálculo de pérdidas de carga total	z+dc+hvc	
	d1	
	v1	
	hv1	
	d1+hv1	

3.000	3.000	3.000
0.420	0.104	0.298
0.262	0.103	0.209
0.131	0.052	0.104
3.393	3.155	3.313
<b>0.124</b>	<b>0.033</b>	<b>0.090</b>
3.393	3.153	3.315
0.587	0.507	0.560
0.710	0.540	0.650

Cálculo de la altura de la superficie libre del agua	d2	m
Cálculo de longitud del colchón hidráulico	Lc	m
	(recomendación)	
Cálculo de profundidad del colchón hidráulico	Pc	m
	(recomendación)	
Cálculo de Número de Froude	FR	

0.481	0.243	0.406
1.784	1.048	1.581
<b>2.000</b>	<b>1.000</b>	<b>2.000</b>
0.219	0.139	0.198
<b>0.200</b>	<b>0.100</b>	<b>0.200</b>
3.078	5.542	3.528

Longitud de salto	Ls	m
Longitud del tanque disipador	Lt	m

<b>2.498</b>	<b>1.468</b>	<b>2.214</b>
<b>2.997</b>	<b>1.761</b>	<b>2.657</b>



TESIS:  
EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

**DIQUE DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM-3 - Con 5 años de período de retorno**

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
Profundidad máxima		m	6.872	7.249	7.090
Altura efectiva de la presa	$h_3$	m	3.000	3.000	3.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_3$	m	5.000	5.000	5.000
Área total	$A_{total}$	$m^2$	1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
Caudal máximo de diseño	$Q$	$m^3/s$	2.000	0.300	1.100
Ancho sección transversal		m	24.647	26.162	15.306
Coefficiente del vertedor	CV		1.450	1.450	1.450
Peso específico de mampostería	$\gamma_m$	$kg/m^3$	2,300.000	2,300.000	2,300.000
Peso específico del agua con sedimentos	$w$	$kg/m^3$	1,800.000	1,800.000	1,800.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028	1,471.028	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	$kg/m^3$	1,000.000	1,000.000	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	$kg/m^3$	1,722.628	1,727.261	1,631.402
Bordo libre del vertedor	Hl	m	0.200	0.200	0.200
Coefficiente de subpresión	K		0.333	0.333	0.333
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800	17.400	13.800
Cohesión	C	$KN/m^2$	2.18	4.953	5.286
Aceleración horizontal E.030	Z		0.35	0.35	0.35

**DISEÑO DE DIQUE**

<b>1 CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO MÁXIMO</b>	$Q$	$m^3/s$	2.000	0.300	1.100
<b>2 CARGA SOBRE LA CRESTA DEL VERTEDOR</b>	Hd	m	0.424	0.120	0.284
	(recomendación)		0.400	0.100	0.300
<b>3 CÁLCULO DEL ANCHO DE LA CORONA</b>	e	m	0.318	0.053	0.224
	(recomendación)		0.500	0.500	0.500
<b>4 CÁLCULO DE LA BASE DEL DIQUE</b>	B	m	3.302	2.884	3.159
Altura total del dique	Ht	m	3.600	3.300	3.500
Cálculo de las variables a, b y c	a		-4860.000	-5040.000	-4920.000
	b		-6210.000	-4830.000	-5750.000
	c		73507.200	55866.300	67274.100

**4.1. CÁLCULO EMPUJE DINÁMICO (Ph-din)**

Empuje dinámico	Ph-din	kg/m	696.188	731.603	897.633
Peso específico del relleno	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1471.03	1471.03	1471.03
Altura de la presa	$h_3$	m	3.00	3.00	3.00
Ángulo de fricción del relleno	$\phi$	grados	18.80	17.40	13.80
Ángulo de fricción en el contactosuelo - muro	$\delta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del relleno	$\beta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del respaldo del muro	$\theta$	grados	90.00	90.00	90.00
Coefficiente sísmico horizontal	Kh		0.175	0.175	0.175
Coefficiente sísmico vertical	Kv		0.117	0.117	0.117
Aceleración horizontal E.030	Z		0.350	0.350	0.350
Ángulo sísmico	$\eta$	grados	11.206	11.206	11.206
Coefficiente de presión de tierra activa dinámico	Kae		0.699	0.736	0.850
Empuje total	Ph	kg	4089.113	4303.537	4967.466
Coefficiente de presión de tierra estática	Ka		0.513	0.540	0.615
Empuje estático	Ph-est	kg	3392.925	3571.934	4069.833
Distancia de empuje	L	m	1.000	1.000	1.000

**CÁLCULO DE FUERZA Y MOMENTO DE LA BASE**

	CHAQUIPA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
$W_1$	3450.000	2.750	9487.500
$W_2$	8625.000	1.667	14375.000
F	6619.626	1.000	6619.626
S	1500.000	2.000	3000.000
Ph-d	696.188	1.000	696.188

	MARANCHACRA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
$W_1$	3450.000	2.750	9487.500
$W_2$	8625.000	1.667	14375.000
F	6619.626	1.000	6619.626
S	1500.000	2.000	3000.000
Ph-d	731.603	1.000	731.603

	MACHGYACU		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
$W_1$	3450.000	2.750	9487.500
$W_2$	8625.000	1.667	14375.000
F	6619.626	1.000	6619.626
S	1500.000	2.000	3000.000
Ph-d	897.633	1.000	897.633

### 5 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

Ancho de la corona	e	m
Base del dique	B	m
Centro de gravedad del dique	X	m
Peso de la presa de mampostería	W	kg/m
Fuerza de empuje de los sedimentos	F	kg/m
Empuje dinámico	Ph-din	kg
Subpresión del agua	S	kg/m
Resultante normal	Rn	kg/m
Espaciamiento	Z	m
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobación de la Excentricidad</b>	<b>ex &lt; B/6</b>	

0.500	0.500	0.500
3.000	3.000	3.000
1.024	1.024	1.024
12663.411	12222.103	12516.308
6619.626	6619.626	6619.626
696.188	731.603	897.633
1500.000	1500.000	1500.000
11163.411	10722.103	11016.308
1.318	1.287	1.291
<b>0.182</b>	<b>0.213</b>	<b>0.209</b>
0.500	0.500	0.500
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.1. ANALISIS POR DESLIZAMIENTO HORIZONTAL

Sumatoria de fuerzas verticales	$\Sigma F_v$	kg/m
Sumatoria de fuerzas horizontales	$\Sigma F_h$	kg/m
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	F.DH	
	<b>F.DH <math>\geq</math> 1.5</b>	

12663.411	12222.103	12516.308
7315.814	7351.229	7517.260
<b>1.731</b>	<b>1.663</b>	<b>1.665</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.2. ANALISIS POR VOLTEO

Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	$\Sigma MR$	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	$\Sigma MA$	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	F.DV	
	<b>F.DV <math>\geq</math> 1.5</b>	

26862.500	26862.500	26862.500
7315.814	7351.229	7517.260
<b>3.672</b>	<b>3.654</b>	<b>3.573</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.3. ANALISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	$q_{m\acute{a}x}$	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	$N_c$	
factores de capacidad de carga	$N_q$	
factores de capacidad de carga	$N_\gamma$	
esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación	q	
ancho efectivo	B'	
ángulo de inclinación	$\psi$	
factores de profundidad	Fcd	
factores de profundidad	Fqd	
factores de profundidad	Fyd	
factores de inclinación de la carga	Fci	
factores de inclinación de la carga	Fqi	
factores de inclinación de la carga	Fyi	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{yd} \cdot F_{yi}$		
<b>Capacidad de Última Carga</b>	$q_u$	kg/m <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad de capacidad de carga</b>	F.S. cc = $q_u/q_{m\acute{a}x}$ F.S. Cc > 3	

5760.563	5807.576	5919.605
2.000	1.500	1.500
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
3445.255	2590.891	2447.103
2.635	2.574	2.581
30.016	31.026	30.989
1.304	1.233	1.232
1.237	1.179	1.166
1.000	2.000	3.000
0.444	0.429	0.430
0.444	0.429	0.430
0.356	0.613	1.551
16232.595	20111.778	29064.466
<b>2.818</b>	<b>3.463</b>	<b>4.910</b>
<b>Corregir</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

### 6 DISEÑO DEL COLCHÓN HIDRAÚLICO

Longitud de cresta vertedora	Bv	m
Cálculo del gasto unitario	q	m <sup>3</sup> /s/m
Cálculo del tirante crítico	dc	m
Cálculo de la carga de velocidad al presentarse al tirante crítico	hvc	m
Cálculo de pérdidas de carga total	z+dc+hvc	
	d1	
	v1	
	hv1	
	d1+hv1	
Cálculo de la altura de la superficie libre del agua	d2	m
Cálculo de longitud del colchón hidráulico	Lc	m
	(recomendación)	
Cálculo de profundidad del colchón hidráulico	Pc	m
	(recomendación)	
Cálculo de Número de Froude	FR	
Longitud de salto	Ls	m
Longitud del tanque disipador	Lt	m

3.000	3.000	3.000
0.667	0.100	0.367
0.356	0.101	0.239
0.178	0.050	0.120
3.535	3.151	3.359
<b>0.189</b>	<b>0.032</b>	<b>0.109</b>
3.535	3.150	3.358
0.637	0.506	0.575
0.825	0.537	0.684
0.605	0.238	0.449
2.083	1.031	1.701
<b>2.000</b>	<b>1.000</b>	<b>2.000</b>
0.249	0.137	0.210
<b>0.200</b>	<b>0.100</b>	<b>0.200</b>
2.599	5.644	3.244
<b>2.916</b>	<b>1.444</b>	<b>2.381</b>
<b>3.500</b>	<b>1.733</b>	<b>2.857</b>



TESIS:  
EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

### DIQUE DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM-3 - Con 50 años de período de retorno

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
Profundidad máxima		m	6.872	7.249	7.090
Altura efectiva de la presa	$h_3$	m	3.000	3.000	3.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_3$	m	5.000	5.000	5.000
Área total	$A_{total}$	$m^2$	1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
Caudal máximo de diseño	$Q$	$m^3/s$	3.600	0.600	1.900
Ancho sección transversal		m	24.647	26.162	15.306
Coefficiente del vertedor	CV		1.450	1.450	1.450
Peso específico de mampostería	$\gamma_m$	$kg/m^3$	2,300.000	2,300.000	2,300.000
Peso específico del agua con sedimentos	w	$kg/m^3$	1,800.000	1,800.000	1,800.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028	1,471.028	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	$kg/m^3$	1,000.000	1,000.000	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	$kg/m^3$	1,722.628	1,727.261	1,631.402
Bordo libre del vertedor	HL	m	0.200	0.200	0.200
Coefficiente de subpresión	K		0.333	0.333	0.333
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800	17.400	13.800
Cohesión	C	$KN/m^2$	2.18	4.953	5.286
Aceleración horizontal E.030	Z		0.35	0.35	0.35

### DISEÑO DE DIQUE

1 CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO MÁXIMO	$Q$	$m^3/s$	3.600	0.600	1.900
2 CARGA SOBRE LA CRESTA DEL VERTEDOR	Hd	m	0.627	0.190	0.410
	(recomendación)		0.650	0.200	0.400
3 CÁLCULO DEL ANCHO DE LA CORONA	e	m	0.562	0.134	0.318
	(recomendación)		0.500	0.500	0.500
4 CÁLCULO DE LA BASE DEL DIQUE	B	m	3.676	3.020	3.302
Altura total del dique	Ht	m	3.850	3.400	3.600
Cálculo de las variables a, b y c	a		-4710.000	-4980.000	-4860.000
	b		-7360.000	-5290.000	-6210.000
	c		90720.075	61397.400	73507.200

#### 4.1. CÁLCULO EMPUJE DINÁMICO (Ph-din)

Empuje dinámico	Ph-din	kg/m	696.188	731.603	897.633
Peso específico del relleno	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1471.03	1471.03	1471.03
Altura de la presa	$h_3$	m	3.00	3.00	3.00
Ángulo de fricción del relleno	$\phi$	grados	18.80	17.40	13.80
Ángulo de fricción en el contactosuelo - muro	$\delta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del relleno	$\beta$	grados	0.00	0.00	0.00
Ángulo de inclinación del respaldo del muro	$\theta$	grados	90.00	90.00	90.00
Coefficiente sísmico horizontal	Kh		0.175	0.175	0.175
Coefficiente sísmico vertical	Kv		0.117	0.117	0.117
Aceleración horizontal E.030	Z		0.350	0.350	0.350
Ángulo sísmico	$\eta$	grados	11.206	11.206	11.206
Coefficiente de presión de tierra activa dinámico	Kae		0.699	0.736	0.850
Empuje total	Ph	kg	4089.113	4303.537	4967.466
Coefficiente de presión de tierra estática	Ka		0.513	0.540	0.615
Empuje estático	Ph-est	kg	3392.925	3571.934	4069.833
Distancia de empuje	L	m	1.000	1.000	1.000

### CÁLCULO DE FUERZA Y MOMENTO DE LA BASE

	CHAQUIPA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
$W_1$	3450.000	2.750	9487.500
$W_2$	8625.000	1.667	14375.000
F	6619.626	1.000	6619.626
S	1500.000	2.000	3000.000
Ph-d	696.188	1.000	696.188

	MARANCHACRA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
$W_1$	3450.000	2.750	9487.500
$W_2$	8625.000	1.667	14375.000
F	6619.626	1.000	6619.626
S	1500.000	2.000	3000.000
Ph-d	731.603	1.000	731.603

	MACHGYACU		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
$W_1$	3450.000	2.750	9487.500
$W_2$	8625.000	1.667	14375.000
F	6619.626	1.000	6619.626
S	1500.000	2.000	3000.000
Ph-d	897.633	1.000	897.633

### 5 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

Ancho de la corona	e	m
Base del dique	B	m
Centro de gravedad del dique	X	m
Peso de la presa de mampostería	W	kg/m
Fuerza de empuje de los sedimentos	F	kg/m
Empuje dinámico	Ph-din	kg
Subpresión del agua	S	kg/m
Resultante normal	Rn	kg/m
Espaciamento	Z	m
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobación de la Excentricidad</b>	<b>ex &lt; B/6</b>	

0.500	0.500	0.500
3.000	3.000	3.000
1.024	1.024	1.024
13031.168	12369.206	12663.411
6619.626	6619.626	6619.626
696.188	731.603	897.633
1500.000	1500.000	1500.000
11531.168	10869.206	11163.411
1.339	1.297	1.300
<b>0.161</b>	<b>0.203</b>	<b>0.200</b>
0.500	0.500	0.500
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.1. ANALISIS POR DESLIZAMIENTO HORIZONTAL

Sumatoria de fuerzas verticales	ΣFv	kg/m
Sumatoria de fuerzas horizontales	ΣFh	kg/m
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	F.DH	
	<b>F.DH ≥ 1.5</b>	

13031.168	12369.206	12663.411
7315.814	7351.229	7517.260
<b>1.781</b>	<b>1.683</b>	<b>1.685</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.2. ANALISIS POR VOLTEO

Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	ΣMR	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	ΣMA	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	F.DV	
	<b>F.DV ≥ 1.5</b>	

26862.500	26862.500	26862.500
7315.814	7351.229	7517.260
<b>3.672</b>	<b>3.654</b>	<b>3.573</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.3. ANALISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	q <sub>máx</sub>	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	N <sub>c</sub>	
factores de capacidad de carga	N <sub>q</sub>	
factores de capacidad de carga	N <sub>γ</sub>	
esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación	q	
ancho efectivo	B'	
ángulo de inclinación	ψ	
factores de profundidad	F <sub>cd</sub>	
factores de profundidad	F <sub>qd</sub>	
factores de profundidad	F <sub>γd</sub>	
factores de inclinación de la carga	F <sub>ci</sub>	
factores de inclinación de la carga	F <sub>qi</sub>	
factores de inclinación de la carga	F <sub>yi</sub>	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$		
<b>Capacidad de Última Carga</b>	q <sub>u</sub>	kg/m <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad de capacidad de carga</b>	F.S. cc = q <sub>u</sub> /q <sub>máx</sub>	
	<b>FS. Cc &gt; 3</b>	

5745.398	5800.587	5912.905
2.000	1.500	1.500
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
3445.255	2590.891	2447.103
2.677	2.593	2.599
29.310	30.724	30.694
1.299	1.231	1.231
1.234	1.178	1.164
1.000	2.000	3.000
0.455	0.434	0.434
0.455	0.434	0.434
0.313	0.586	1.499
16092.631	19824.612	28534.879
<b>2.801</b>	<b>3.418</b>	<b>4.826</b>
<b>Corregir</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

### 6 DISEÑO DEL COLCHÓN HIDRÁULICO

Longitud de cresta vertedora	Bv	m
Cálculo del gasto unitario	q	m <sup>3</sup> /s/m
Cálculo del tirante crítico	dc	m
Cálculo de la carga de velocidad al presentarse al tirante crítico	hvc	m
Cálculo de pérdidas de carga total	z+dc+hvc	
	d1	
	v1	
	hv1	
	d1+hv1	

3.000	3.000	3.000
1.200	0.200	0.633
0.528	0.160	0.345
0.264	0.080	0.172
3.791	3.240	3.517
<b>0.317</b>	<b>0.062</b>	<b>0.180</b>
3.785	3.241	3.519
0.730	0.536	0.631
1.047	0.597	0.811

Cálculo de la altura de la superficie libre del agua	d2	m
Cálculo de longitud del colchón hidráulico	Lc	m
	(recomendación)	
Cálculo de profundidad del colchón hidráulico	Pc	m
	(recomendación)	
Cálculo de Número de Froude	FR	

0.817	0.334	0.590
2.499	1.362	2.050
<b>2.500</b>	<b>1.400</b>	<b>2.100</b>
0.289	0.174	0.246
<b>0.300</b>	<b>0.200</b>	<b>0.200</b>
2.147	4.166	2.648

Longitud de salto	Ls	m
Longitud del tanque disipador	Lt	m

<b>3.499</b>	<b>1.906</b>	<b>2.870</b>
<b>4.198</b>	<b>2.287</b>	<b>3.444</b>



TESIS:  
EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO  
CASO: Diques de gavión y Diques de Mampostería

**DIQUE DE MAMPOSTERÍA - TIPO DM-3 - Con 50 años de período de retorno sin fuerza sísmica**

DATOS	Simb.	Und.	CHAQUIPA	MARANCHACRA	MACHGYACU
Profundidad máxima		m	6.872	7.249	7.090
Altura efectiva de la presa	$h_3$	m	3.000	3.000	3.000
Longitud efectiva del vertedor	$L_3$	m	5.000	5.000	5.000
Área total	$A_{total}$	$m^2$	1,499,408.116	223,997.642	761,659.965
Caudal máximo de diseño	$Q$	$m^3/s$	3.600	0.600	1.900
Ancho sección transversal		m	24.647	26.162	15.306
Coefficiente del vertedor	CV		1.450	1.450	1.450
Peso específico de mampostería	$\gamma_m$	$kg/m^3$	2,300.000	2,300.000	2,300.000
Peso específico del agua con sedimentos	$w$	$kg/m^3$	1,800.000	1,800.000	1,800.000
Peso específico del azolve	$\gamma_{az}$	$kg/m^3$	1,471.028	1,471.028	1,471.028
Peso específico del agua	$\gamma_a$	$kg/m^3$	1,000.000	1,000.000	1,000.000
Peso específico del terreno	$\gamma_t$	$kg/m^3$	1,722.628	1,727.261	1,631.402
Bordo libre del vertedor	Hl	m	0.200	0.200	0.200
Coefficiente de subpresión	K		0.333	0.333	0.333
Angulo de fricción	$\phi$	grados	18.800	17.400	13.800
Cohesión	C	$KN/m^2$	2.18	4.953	5.286
Aceleración horizontal E.030	Z		0.35	0.35	0.35

**DISEÑO DE DIQUE**

<b>1 CÁLCULO DEL ESCURRIMIENTO MÁXIMO</b>	$Q$	$m^3/s$	<b>3.600</b>	<b>0.600</b>	<b>1.900</b>
<b>2 CARGA SOBRE LA CRESTA DEL VERTEDOR</b>	Hd	m	0.627	0.190	0.410
	(recomendación)		<b>0.650</b>	<b>0.200</b>	<b>0.400</b>
<b>3 CÁLCULO DEL ANCHO DE LA CORONA</b>	e	m	0.562	0.134	0.318
	(recomendación)		<b>0.500</b>	<b>0.500</b>	<b>0.500</b>
<b>4 CÁLCULO DE LA BASE DEL DIQUE</b>	B	m	<b>3.676</b>	<b>3.020</b>	<b>3.302</b>
Altura total del dique	Ht	m	3.850	3.400	3.600
Cálculo de las variables a, b y c	a		-4710.000	-4980.000	-4860.000
	b		-7360.000	-5290.000	-6210.000
	c		90720.075	61397.400	73507.200

**CÁLCULO DE CENTRO DE GRAVEDAD DEL DIQUE**

	CHAQUIPA			
	x	A	xA	
1	0.25	1.50	0.38	
2	1.33	3.75	5.00	
T	1.58	5.25	5.38	

X	<b>1.02</b>
---	-------------

	MARANCHACRA			
	x	A	xA	
1	0.25	1.50	0.38	
2	1.33	3.75	5.00	
T	1.58	5.25	5.38	

X	<b>1.02</b>
---	-------------

	MACHGYACU			
	x	A	xA	
1	0.25	1.50	0.38	
2	1.33	3.75	5.00	
T	1.58	5.25	5.38	

X	<b>1.02</b>
---	-------------

**CÁLCULO DE FUERZA Y MOMENTO DE LA BASE**

	CHAQUIPA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
$W_1$	3450.000	2.750	9487.500
$W_2$	8625.000	1.667	14375.000
F	6619.626	1.000	6619.626
S	1500.000	2.000	3000.000

	MARANCHACRA		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
$W_1$	3450.000	2.750	9487.500
$W_2$	8625.000	1.667	14375.000
F	6619.626	1.000	6619.626
S	1500.000	2.000	3000.000

	MACHGYACU		
	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MO. (kg-m)
$W_1$	3450.000	2.750	9487.500
$W_2$	8625.000	1.667	14375.000
F	6619.626	1.000	6619.626
S	1500.000	2.000	3000.000

### 5 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL DIQUE

Ancho de la corona	e	m
Base del dique	B	m
Centro de gravedad del dique	X	m
Peso de la presa de mampostería	W	kg/m
Fuerza de empuje de los sedimentos	F	kg/m
Subpresión del agua	S	kg/m
Resultante normal	Rn	kg/m
Espaciamiento	Z	m
Excentricidad	ex	m
	B/6	m
<b>Comprobacion de la Excentricidad</b>	<b>ex &lt; B/6</b>	

0.500	0.500	0.500
3.000	3.000	3.000
1.024	1.024	1.024
13031.168	12369.206	12663.411
6619.626	6619.626	6619.626
1500.000	1500.000	1500.000
11531.168	10869.206	11163.411
1.399	1.364	1.380
<b>0.101</b>	<b>0.136</b>	<b>0.120</b>
0.500	0.500	0.500
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.1. ANALISIS POR DESLIZAMIENTO HORIZONTAL

Sumatoria de fuerzas verticales	ΣFv	kg/m
Sumatoria de fuerzas horizontales	ΣFh	kg/m
<b>Factor de seguridad de deslizamiento</b>	F.DH	
	<b>F.DH ≥ 1.5</b>	

13031.168	12369.206	12663.411
6619.626	6619.626	6619.626
<b>1.969</b>	<b>1.869</b>	<b>1.913</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.2. ANALISIS POR VOLTEO

Sumatoria de momentos producidos por fuerzas verticales	ΣMR	kg-m
Sumatoria de momentos producidos por fuerzas horizontales	ΣMA	kg-m
<b>Factor de seguridad de volteo</b>	F.DV	
	<b>F.DV ≥ 1.5</b>	

26862.500	26862.500	26862.500
6619.626	6619.626	6619.626
<b>4.058</b>	<b>4.058</b>	<b>4.058</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

#### 5.3. ANALISIS POR CAPACIDAD DE CARGA

Carga Máxima	q <sub>máx</sub>	kg/m <sup>2</sup>
profundidad de cimentación del dique	D	m
cohesión	c	kg/m <sup>2</sup>
factores de capacidad de carga	N <sub>c</sub>	
factores de capacidad de carga	N <sub>q</sub>	
factores de capacidad de carga	N <sub>γ</sub>	
esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación	q	
ancho efectivo	B'	
ángulo de inclinación	ψ	
factores de profundidad	F <sub>cd</sub>	
factores de profundidad	F <sub>qd</sub>	
factores de profundidad	F <sub>γd</sub>	
factores de inclinación de la carga	F <sub>ci</sub>	
factores de inclinación de la carga	F <sub>qi</sub>	
factores de inclinación de la carga	F <sub>yi</sub>	
$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$		
<b>Capacidad de Última Carga</b>	q <sub>u</sub>	kg/m <sup>2</sup>
<b>Factor de seguridad de capacidad de carga</b>	F.S. cc = q <sub>u</sub> /q <sub>máx</sub>	
	<b>FS. Cc &gt; 3</b>	

5220.899	5245.542	5234.075
2.000	1.500	1.500
222.299	505.067	539.024
13.764	12.644	10.258
5.692	4.966	3.524
4.558	3.746	2.226
3445.255	2590.891	2447.103
2.798	2.728	2.760
26.930	28.154	27.598
1.286	1.220	1.217
1.224	1.169	1.155
1.000	2.000	3.000
0.491	0.472	0.481
0.491	0.472	0.481
0.187	0.382	1.000
15769.681	17525.526	23053.189
<b>3.020</b>	<b>3.341</b>	<b>4.404</b>
<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Aceptable</b>

### 6 DISEÑO DEL COLCHÓN HIDRAÚLICO

Longitud de cresta vertedora	Bv	m
Cálculo del gasto unitario	q	m <sup>3</sup> /s/m
Cálculo del tirante crítico	dc	m
Cálculo de la carga de velocidad al presentarse al tirante crítico	hvc	m
Cálculo de pérdidas de carga total	z+dc+hvc	
	d1	
	v1	
	hv1	
	d1+hv1	

3.000	3.000	3.000
1.200	0.200	0.633
0.528	0.160	0.345
0.264	0.080	0.172
3.791	3.240	3.517
<b>0.317</b>	<b>0.062</b>	<b>0.180</b>
3.785	3.241	3.519
0.730	0.536	0.631
1.047	0.597	0.811

Cálculo de de la altura de la superficie libre del agua	d2	m
Cálculo de longitud del colchón hidráulico	Lc	m
	(recomendación)	
Cálculo de profundidad del colchón hidráulico	Pc	m
	(recomendación)	
Cálculo de Número de Froude	FR	

0.817	0.334	0.590
2.499	1.362	2.050
<b>2.500</b>	<b>1.400</b>	<b>2.100</b>
0.289	0.174	0.246
<b>0.300</b>	<b>0.200</b>	<b>0.200</b>
2.147	4.166	2.648

Longitud de salto	Ls	m
Longitud del tanque disipador	Lt	m

<b>3.499</b>	<b>1.906</b>	<b>2.870</b>
<b>4.198</b>	<b>2.287</b>	<b>3.444</b>

# **ANEXO N° 3**

## ***FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN***



# UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

## FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

1.1. **Apellidos y nombres del informante:** Muñoz Hermitaño, Betsy Silvia

1.2. **Grado académico:** Ingeniero Titulado en Ingeniería Civil

1.3. **Cargo e institución donde labora:** Ingeniero Proyectista / CYPROM SRL

1.4. **Título de la investigación:** “Evaluación de diques de control para la mitigación de huaycos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco.”

Caso: Diques de gavión y diques de mampostería.

1.5. **Autor del instrumento:** Barrera Malpartida, Katya

1.6. **Nombre del instrumento:**

- Cálculos para el diseño de diques de control (gavión y mampostería)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0 – 20%	Regular 21 – 40%	Buena 41 – 60%	Muy Buena 61 – 80%	Excelente 81 – 100%
CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado y formulas exactas					X
OBJETIVIDAD	Cumple su fin de evaluar los diques de control					X
ACTUALIDAD	Usa instrumentos y métodos actuales					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad					X

<b>INTENCIONALIDAD</b>	Es adecuado para poder evaluar los diques de control					X
<b>CONSISTENCIA</b>	Basado en aspectos teórico científicos				X	
<b>COHERENCIA</b>	Lleva relación cada aspecto la tabla					X
<b>METODOLOGÍA</b>	La estrategia responde al propósito de la investigación					X
<b>OPORTUNIDAD</b>	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X

**III. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 96%**

**IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

- Instrumento adecuado de cálculos para la evaluación de los diques de control para la mitigación de huaycos.

<b>Cerro de Pasco, 20 de Enero del 2022</b>	<b>44039674</b>	 	<b>963524658</b>
<b>Lugar y fecha</b>	<b>N° DNI</b>	<b>Firma del experto</b>	<b>N° Celular</b>



# UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

## FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

1.1. **Apellidos y nombres del informante:** ASCANOA PACHECO, Emerson Jack

1.2. **Grado académico:** Ingeniero Titulado en Ingeniería Civil

1.3. **Cargo e institución donde labora:** Ingeniero Residente / Ingeniera  
Construcción Y Minería Corporación Valdivia SAC

1.4. **Título de la investigación:** “Evaluación de diques de control para la mitigación de huaycos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco.”  
Caso: Diques de gavión y diques de mampostería.

1.5. **Autor del instrumento:** Barrera Malpartida, Katya

1.6. **Nombre del instrumento:**

- Cálculos para el diseño de diques de control (gavión y mampostería)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0 – 20%	Regular 21 – 40%	Buena 41 – 60%	Muy Buena 61 – 80%	Excelente 81 – 100%
CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado y formulas exactas					X
OBJETIVIDAD	Cumple su fin de evaluar los diques de control					X
ACTUALIDAD	Usa instrumentos y métodos actuales					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad				X	

<b>INTENCIONALIDAD</b>	Es adecuado para poder evaluar los diques de control					X
<b>CONSISTENCIA</b>	Basado en aspectos teórico científicos				X	
<b>COHERENCIA</b>	Lleva relación cada aspecto la tabla					X
<b>METODOLOGÍA</b>	La estrategia responde al propósito de la investigación					X
<b>OPORTUNIDAD</b>	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X

**III. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 92%**

**IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

- Los cálculos para el diseño de los diques de control (gavión y mampostería) son adecuados para su evaluación.

<b>Cerro de Pasco, 20 de Enero del 2022</b>	<b>44024195</b>		<b>953794878</b>
<b>Lugar y fecha</b>	<b>N° DNI</b>	<b>Firma del experto</b>	<b>N° Celular</b>



# UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

## FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

1.1. **Apellidos y nombres del informante:** PINTO MEZA, Helida Wendy

1.2. **Grado académico:** Ingeniero Titulado en Ingeniería Civil

1.3. **Cargo e institución donde labora:** Inspectora de mantenimiento vial en la  
Municipalidad Provincial de Pasco.

1.4. **Título de la investigación:** “Evaluación de diques de control para la mitigación de huaycos de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu en la localidad y distrito de Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, región Pasco.”  
Caso: Diques de gavión y diques de mampostería.

1.5. **Autor del instrumento:** Barrera Malpartida, Katya

1.6. **Nombre del instrumento:**

- Cálculos para el diseño de diques de control (gavión y mampostería)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0 – 20%	Regular 21 – 40%	Buena 41 – 60%	Muy Buena 61 – 80%	Excelente 81 – 100%
CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado y formulas exactas					X
OBJETIVIDAD	Cumple su fin de evaluar los diques de control					X
ACTUALIDAD	Usa instrumentos y métodos actuales				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad					X

<b>INTENCIONALIDAD</b>	Es adecuado para poder evaluar los diques de control					X
<b>CONSISTENCIA</b>	Basado en aspectos teórico científicos				X	
<b>COHERENCIA</b>	Lleva relación cada aspecto la tabla					X
<b>METODOLOGÍA</b>	La estrategia responde al propósito de la investigación					X
<b>OPORTUNIDAD</b>	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X

**III. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 95%**

**IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

- El instrumento de cálculos es aplicable para la evaluación de los diques de control según el tipo requerido.

<b>Cerro de Pasco, 20 de Enero del 2022</b>	<b>44669620</b>	 	<b>954 808 679</b>
<b>Lugar y fecha</b>	<b>N° DNI</b>	<b>Firma del experto</b>	<b>N° Celular</b>

# **ANEXO N° 4**

## ***PANEL FOTOGRAFICO***

## 1. Reconocimiento de terreno



Vista frontal de las quebradas Chaquipa, Maranchacra y Machgyacu (de derecha a izquierda), y parte de la localidad de Yanahuanca.

## 2. Calicatas

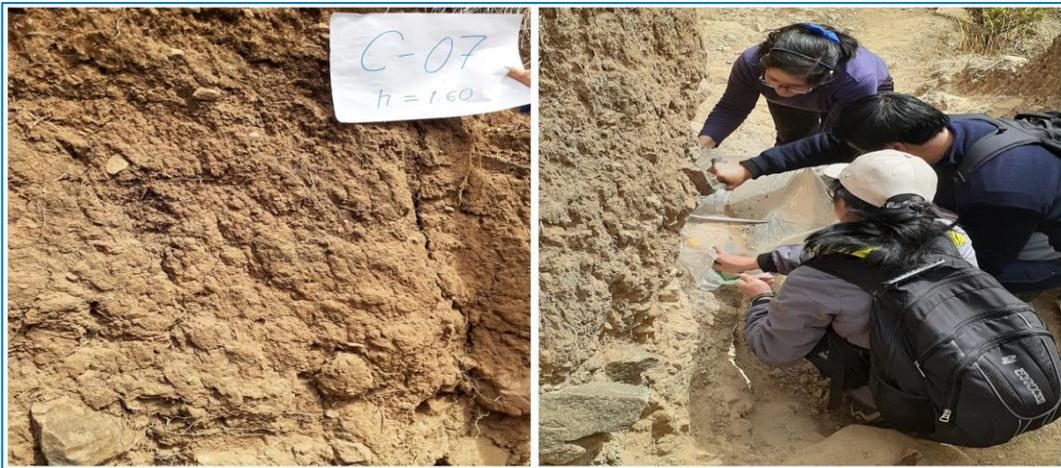
### QUEBRADA CHAQUIPA



Extracción de muestras de la calicata C-01 con 2.00 m. de profundidad



Extracción de muestras de la calicata C-02 con 1.50 m. de profundidad.



Extracción de muestras de la calicata C-07 de la parte exterior del talud del camino de herradura.



Extracción de muestras de la calicata PE-01, Q-1 de la parte exterior del talud de la carretera a Yanahuanca



Extracción de muestras de la calicata PE-02, Q-1 de la parte exterior del talud de la carretera a Yanahuanca

### QUEBRADA MARANCHACRA



Extracción de muestras de la calicata C-03 con 1.20 m. de profundidad



Extracción de muestras de la calicata C-04 con 1.70 m. de profundidad

## QUEBRADA MACHGYACU



Extracción de muestras de la calicata C-05 con 1.60 m. de profundidad



Extracción de muestras de la calicata C-06 con 1.55 m. de profundidad



Cerrado de calicatas para la seguridad de las personas y animales que transitan por las quebradas.

### 3. Ensayo cono de arena

#### QUEBRADA CHAQUIPA



Prueba de densidad con el cono de arena en la calicata C-01

#### QUEBRADA MARANCHACRA



Prueba de densidad con el cono de arena en la calicata C-04

#### QUEBRADA MACHGYACU



Prueba de densidad con el cono de arena en la calicata C-05

#### 4. Laboratorio



Muestras de las calicatas trasladadas al laboratorio para las pruebas necesarias de estudio de suelos



Muestras de suelo para la prueba de **contenido de humedad**. Muestras colocadas en el horno.



Muestras de suelo para el ensayo de **granulometría**. Clasificación de suelos.



Puesta de muestras en el horno después de realizar el ensayo de **límite líquido y plástico**.



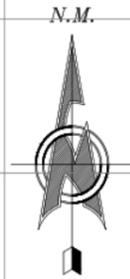
Proceso y anotación de valores del ensayo de **corte directo** para las características mecánicas de los suelos.

# ANEXO N° 5 – PLANOS

- ❖ *UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN*
- ❖ *TOPOGRAFÍA Y DELIMITACIÓN DE MICROCUENCAS*
- ❖ *ALINEAMIENTO DE CAUCES DE LAS QUEBRADAS*
- ❖ *PERFIL LONGITUDINAL Y SECCIONES TRANSVERSALES*
  - *QUEBRADA CHAQUIPA*
  - *QUEBRADA MARANCHACRA*
  - *QUEBRADA MACHGYACU*
- ❖ *DISTRIBUCIÓN DE DIQUES DE CONTROL*
  - *QUEBRADA CHAQUIPA*
  - *QUEBRADA MARANCHACRA*
  - *QUEBRADA MACHGYACU*
- ❖ *SECCIONES DE LOS DIQUES DE CONTROL EVALUADOS*



# PLANO TOPOGRÁFICO Y DELIMITACIÓN DE MICROCUENCAS



LEYENDA	
RIO CHAUPHUARANGA	
CANALES	
QUEBRADAS	
MICROCUENCA CHAQUIPA	
MICROCUENCA MARANCHACRA	
MICROCUENCA MACHGYACU	

**UNDA C**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**INGENIERÍA CIVIL**

**TEJIS:**  
EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUJUNCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO

**PLANO:**  
TOPOGRAFÍA Y DELIMITACIÓN DE MICROCUENCAS

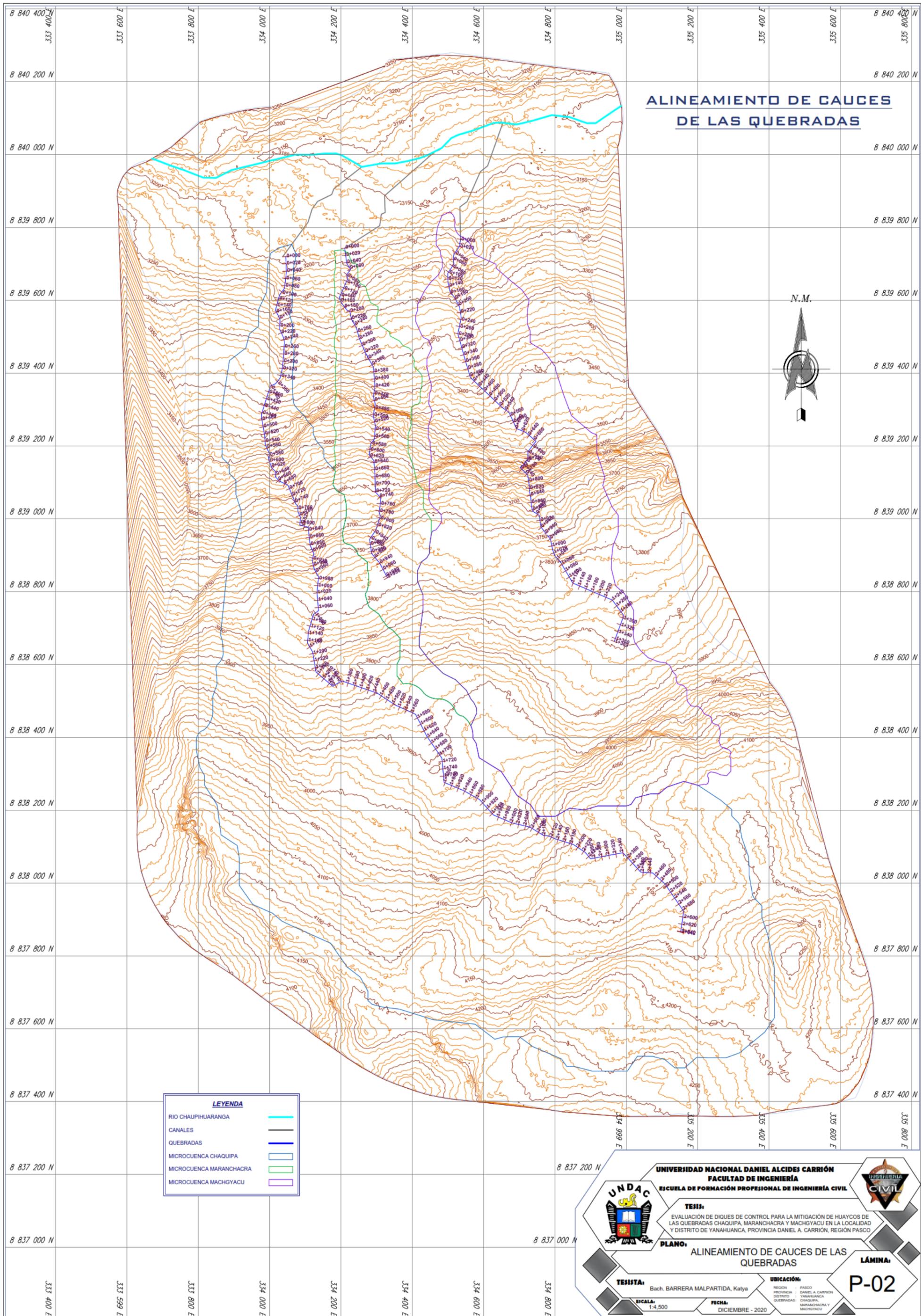
**TEJISTA:** Bach. BARRERA MALPARTIDA, Katya

**ESCALA:** 1:4.500

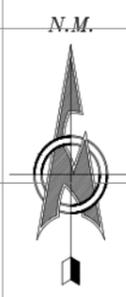
**UBICACIÓN:**  
REGION : PASCO  
PROVINCIA : DANIEL A. CARRION  
DISTRITO : YANAHUJUNCA  
QUEBRADAS : CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU

**LÁMINA:**  
**P-01**

**FECHA:** DICIEMBRE - 2020



# ALINEAMIENTO DE CAUCES DE LAS QUEBRADAS



LEYENDA	
RIO CHAUPIHUARANGA	
CANALES	
QUEBRADAS	
MICROCUENCA CHAQUIPA	
MICROCUENCA MARANCHACRA	
MICROCUENCA MACHGYACU	

**UNDA C**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESIS:**  
EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO

**PLANO:**  
ALINEAMIENTO DE CAUCES DE LAS QUEBRADAS

**LÁMINA:**  
**P-02**

**TESISTA:** Bach. BARRERA MALPARTIDA, Katya

**ESCALA:** 1:4.500

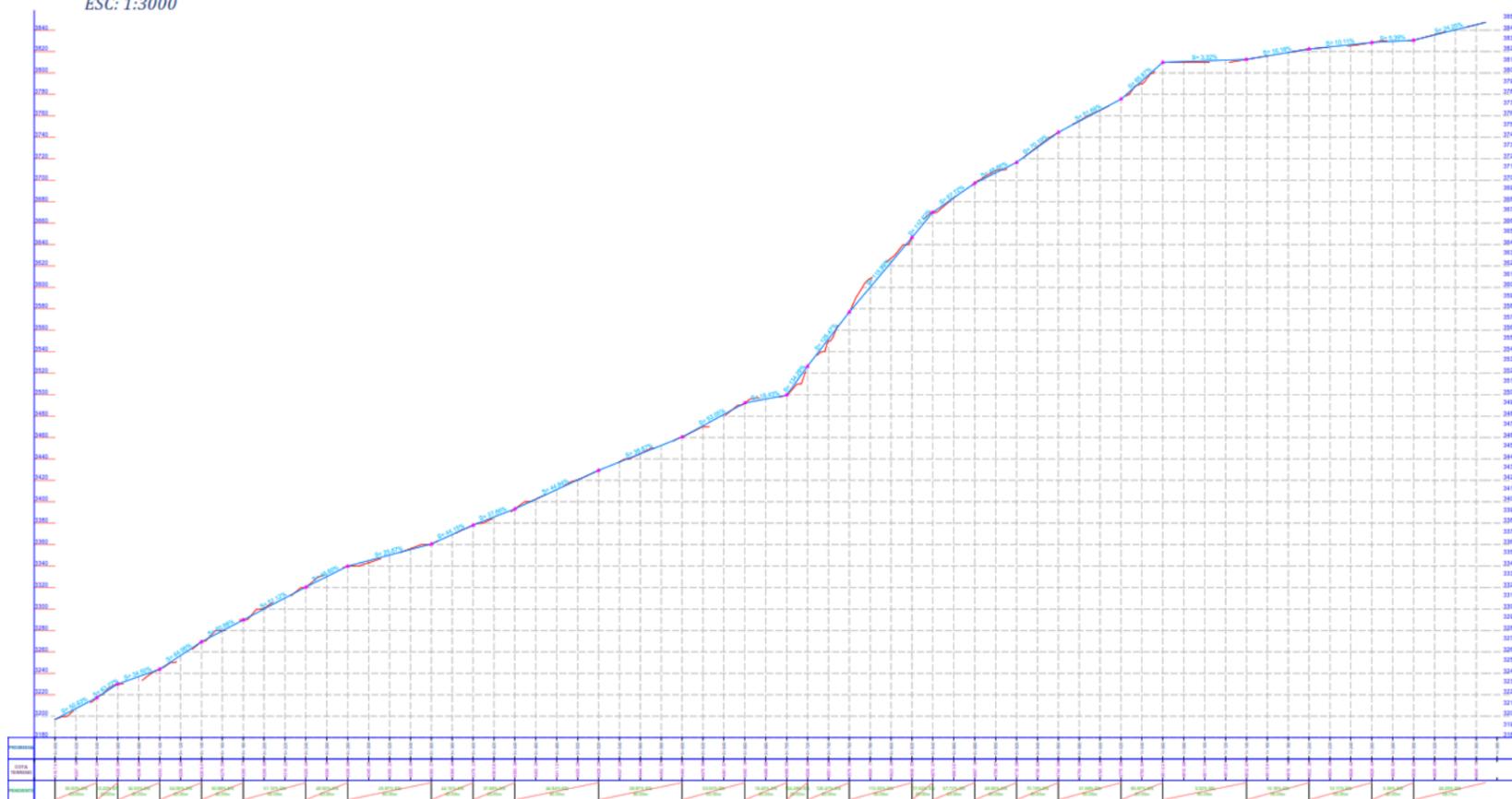
**UBICACIÓN:**  
REGION: PASCO  
PROVINCIA: DANIEL A. CARRIÓN  
DISTRITO: YANAHUANCA  
QUEBRADAS: CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU

**FECHA:** DICIEMBRE - 2020



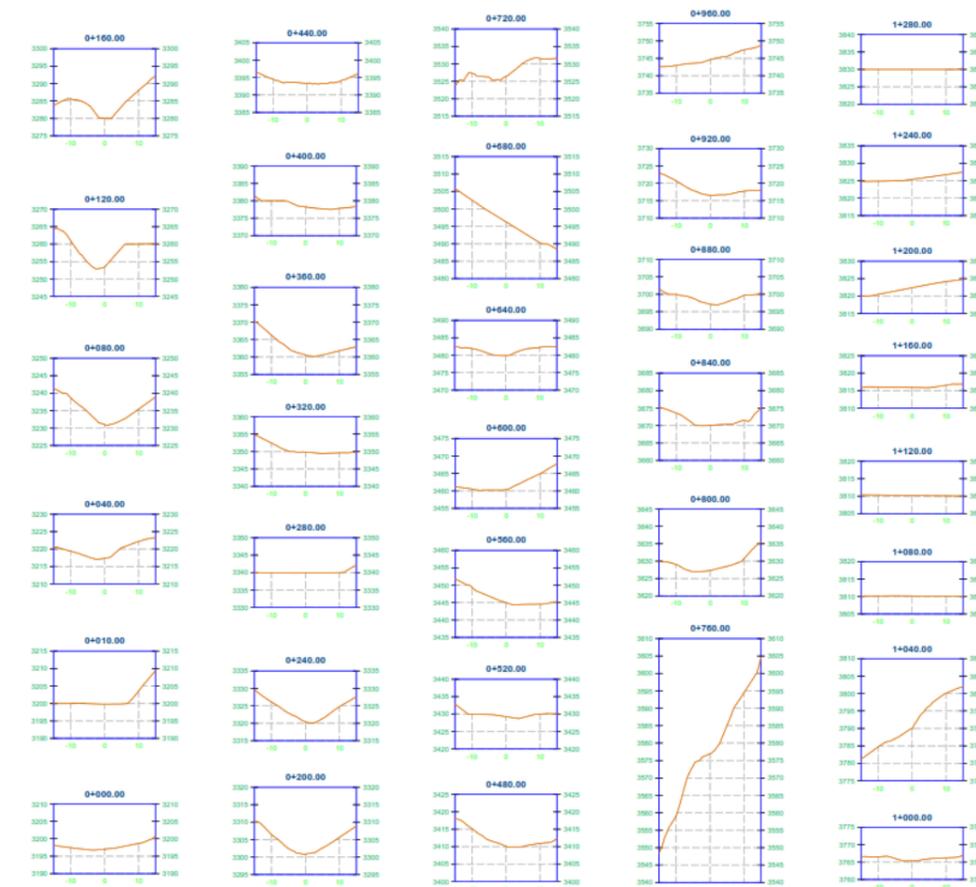
# PERFIL LONGITUDINAL QUEBRADA MACHGYACU

ESC: 1:3000



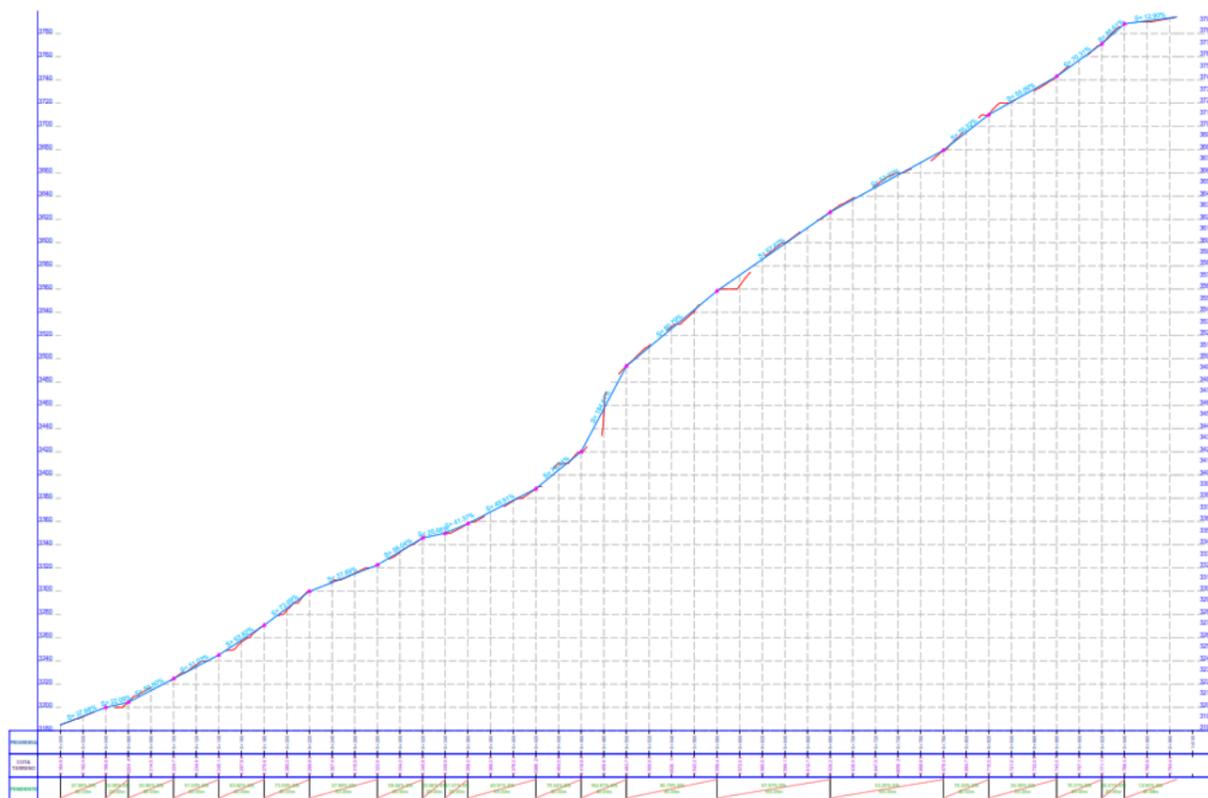
# SECCIONES TRANSVERSALES - QUEBRADA MACHGYACU

ESC: 1:1000



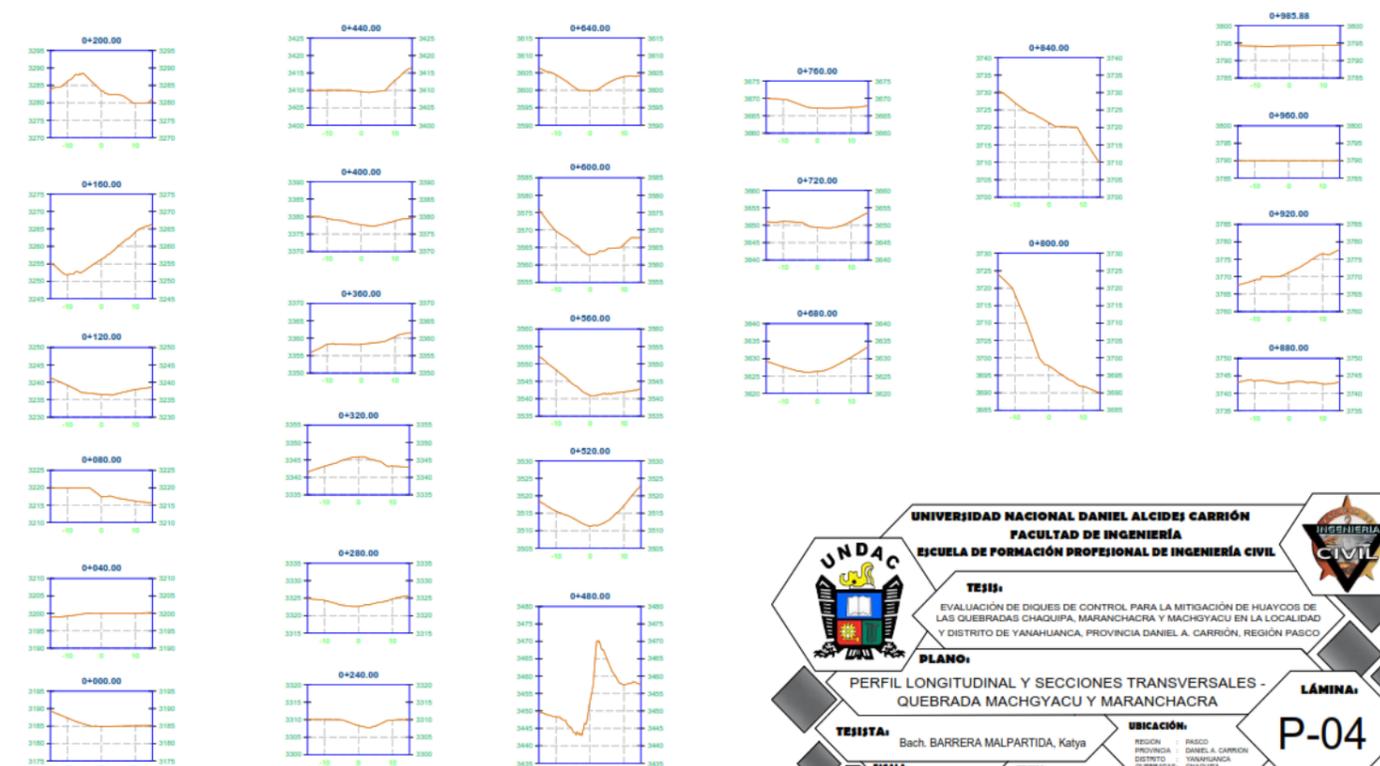
# PERFIL LONGITUDINAL QUEBRADA MARANCHACRA

ESC: 1:3000



# SECCIONES TRANSVERSALES - QUEBRADA MARANCHACRA

ESC: 1:1000





**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:**  
 EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO

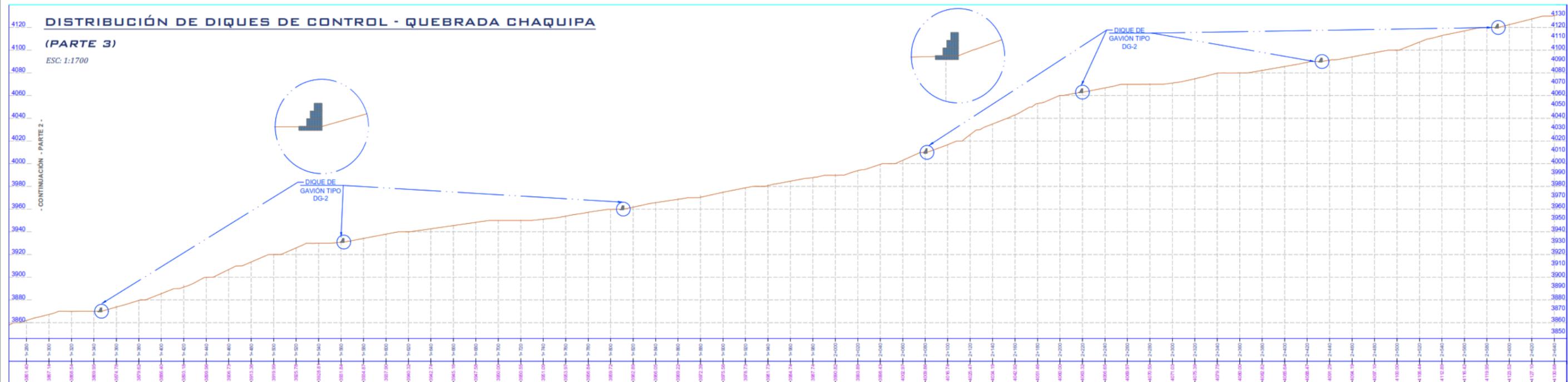
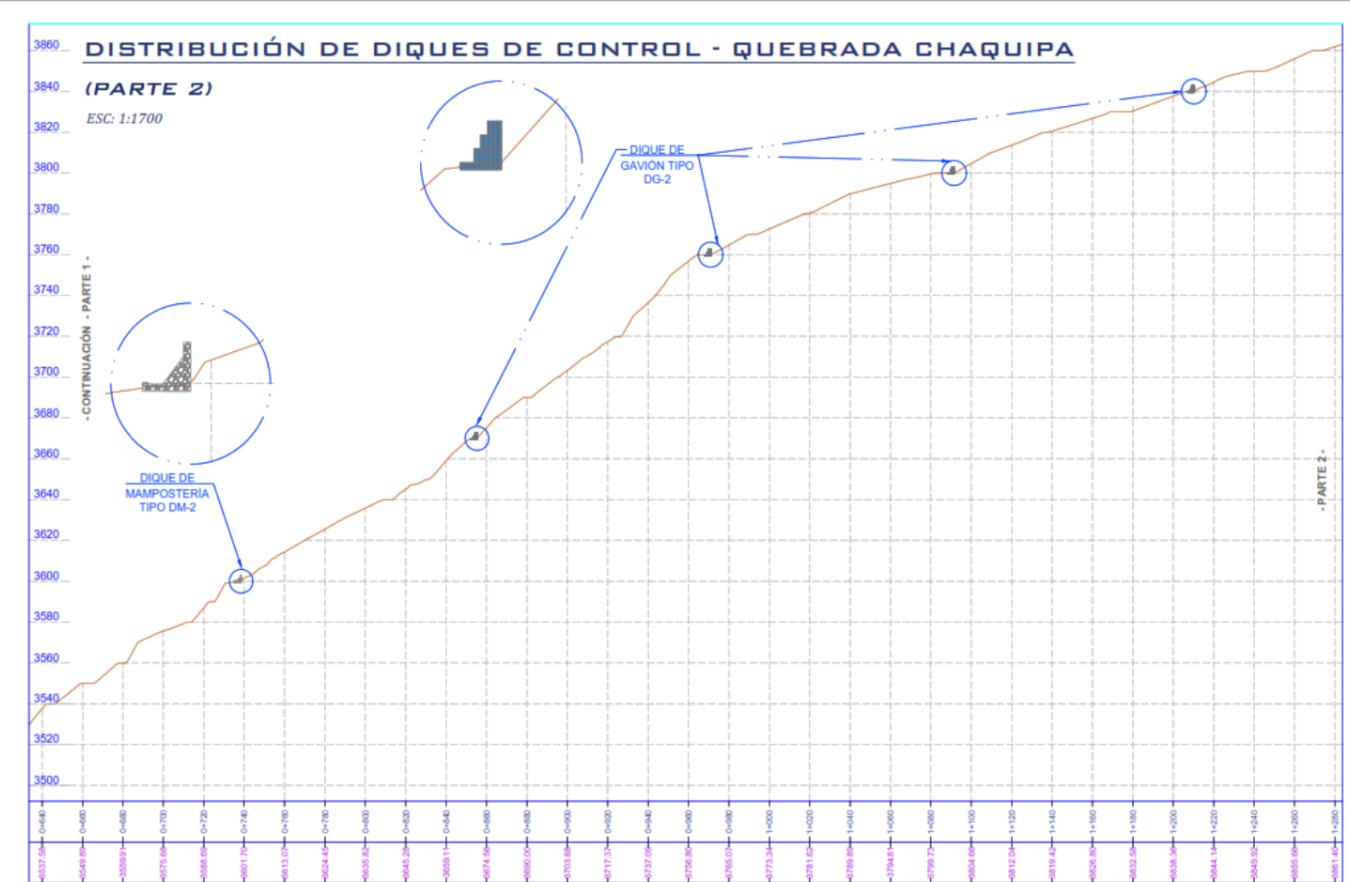
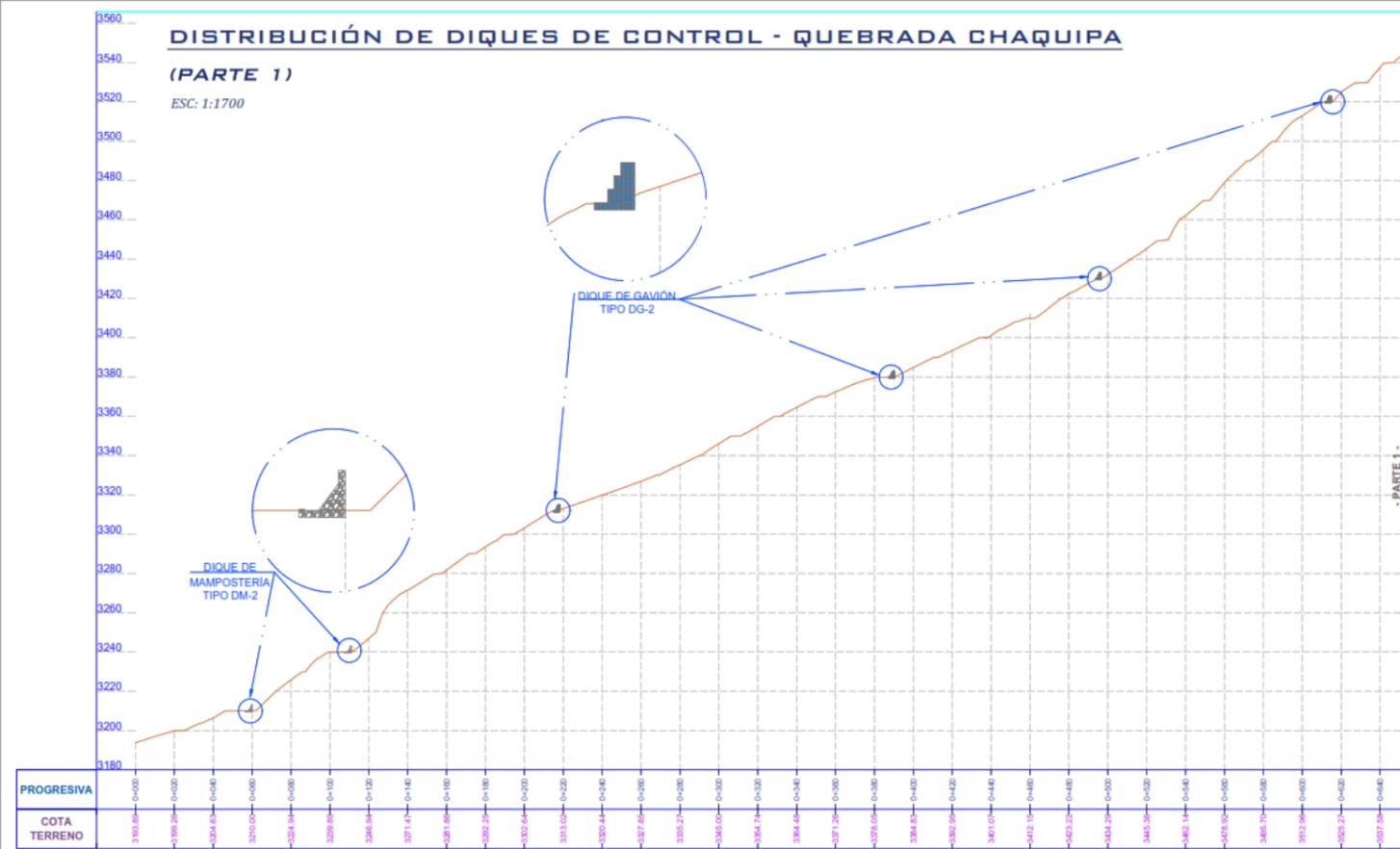
**PLANO:**  
 PERFIL LONGITUDINAL Y SECCIONES TRANSVERSALES - QUEBRADA MACHGYACU Y MARANCHACRA

**TESISTA:** Bach. BARRERA MALPARTIDA, Katya

**UBICACIÓN:** REGIÓN PASCO, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, DISTRITO YANAHUANCA, QUEBRADAS MARANCHACRA Y MACHGYACU

**FECHA:** DICIEMBRE - 2020

**LÁMINA:**  
**P-04**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INGENIERÍA CIVIL**

**TEJIS:**  
EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO

**PLANO:**  
DISTRIBUCIÓN DE DIQUES DE CONTROL - QUEBRADA CHAQUIPA

**TEJISTA:** Bach. BARRERA MALPARTIDA, Katya

**UBICACIÓN:**  
 REGIÓN : PASCO  
 PROVINCIA : DANIEL A. CARRIÓN  
 DISTRITO : YANAHUANCA  
 QUERENAO : MARANCHACRA Y MACHGYACU

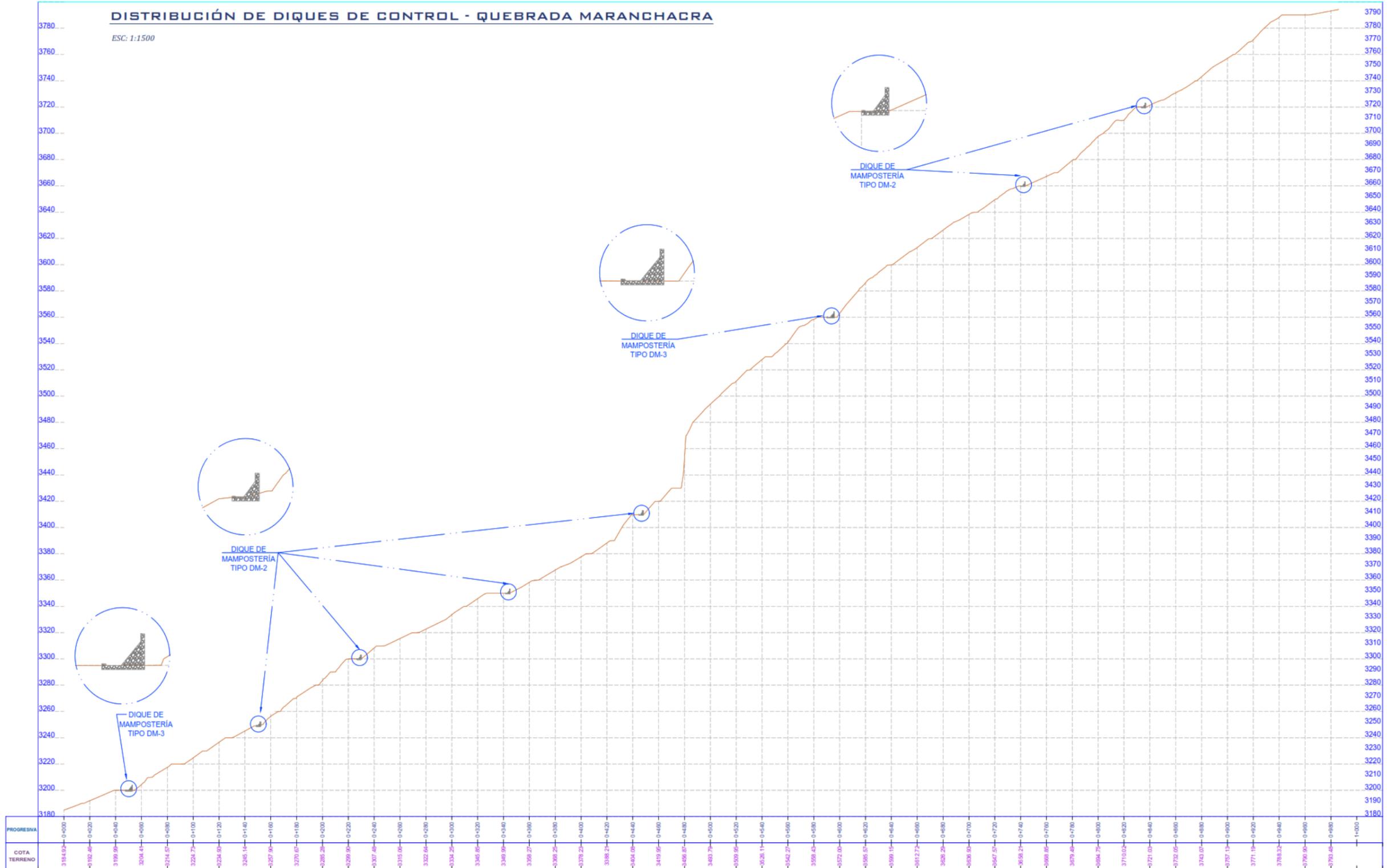
**ESCALA:** INDICADA

**FECHA:** MARZO - 2021

**LÁMINA:**  
**P-05**

# DISTRIBUCIÓN DE DIQUES DE CONTROL - QUEBRADA MARANCHACRA

ESC: 1:1500



PROGRESIVA	3180	3190	3200	3210	3220	3230	3240	3250	3260	3270	3280	3290	3300	3310	3320	3330	3340	3350	3360	3370	3380	3390	3400	3410	3420	3430	3440	3450	3460	3470	3480	3490	3500	3510	3520	3530	3540	3550	3560	3570	3580	3590	3600	3610	3620	3630	3640	3650	3660	3670	3680	3690	3700	3710	3720	3730	3740	3750	3760	3770	3780	3790
COTA TERRENO	3184.92	3182.68	3199.99	3204.41	3214.57	3224.72	3234.92	3245.14	3257.96	3270.07	3285.29	3299.94	3307.49	3315.09	3322.64	3334.25	3345.05	3349.99	3359.27	3368.25	3378.22	3388.21	3404.09	3419.95	3449.87	3463.79	3489.95	3506.11	3542.27	3569.43	3572.04	3595.57	3599.15	3612.72	3628.29	3638.03	3647.57	3658.21	3668.85	3679.49	3694.75	3710.02	3721.02	3732.05	3743.07	3757.13	3771.19	3783.32	3799.95	3793.45	3800.00	3810.00										

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDEZ CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEJISTA:**  
 EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAQUIPA, MARANCHACRA Y MACHOYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO

**PLANO:**  
**DISTRIBUCIÓN DE DIQUES DE CONTROL - QUEBRADA MARANCHACRA**

**TEJISTA:**  
 Bach. BARRERA MALPARTIDA, Katya

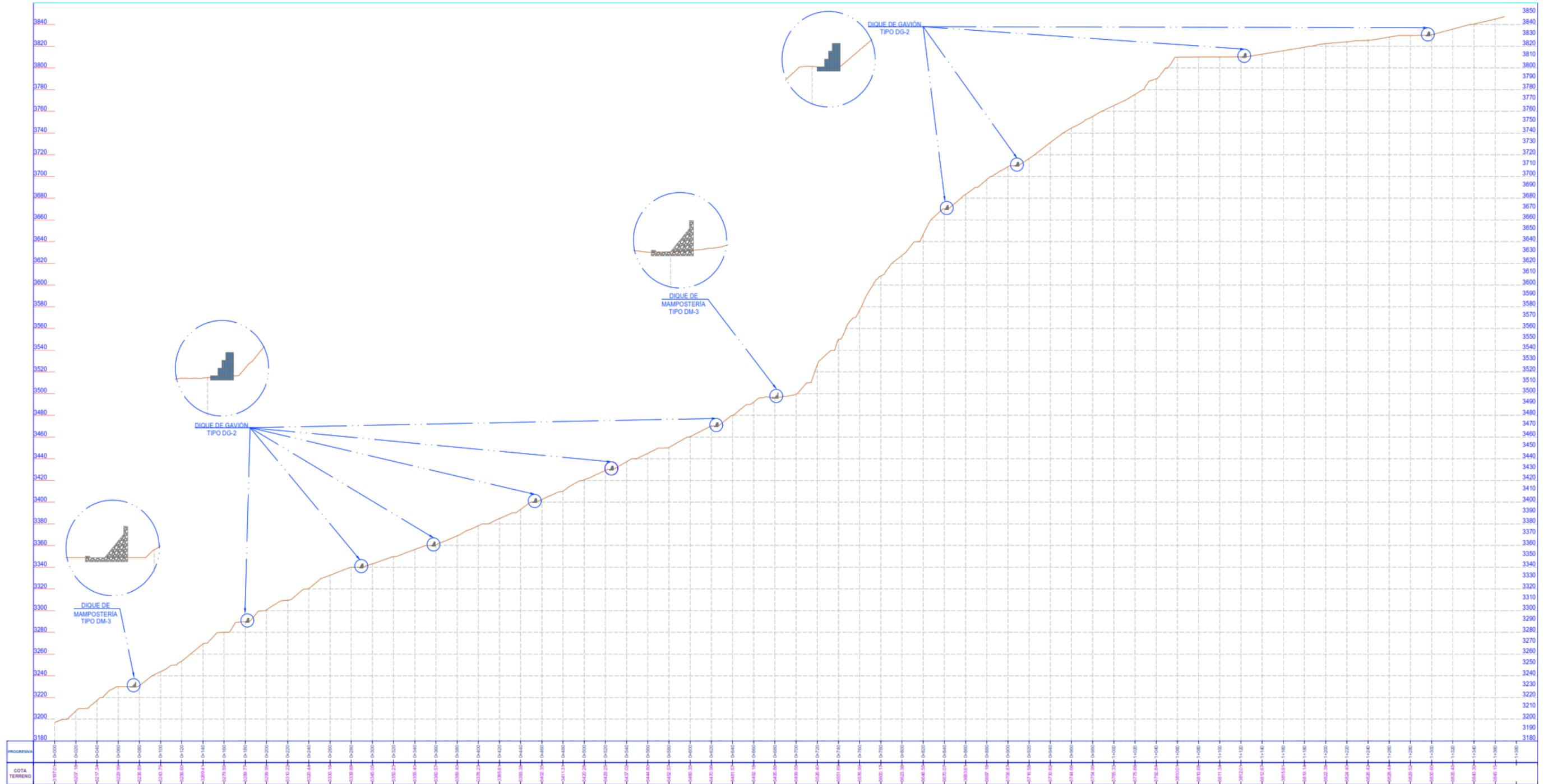
**UBICACIÓN:**  
 REGIÓN: PASCO  
 PROVINCIA: DANIEL A. CARRIÓN  
 DISTRITO: YANAHUANCA  
 QUEBRADAS: MARANCHACRA Y MACHOYACU

**ESCALA:** INDICADA      **FECHA:** MARZO - 2021

**LÁMINA:**  
**P-06**

# DISTRIBUCIÓN DE DIQUES DE CONTROL - QUEBRADA MACHGYACU

ESC: 1:1800





**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TEJISTA:**  
 EVALUACIÓN DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACIÓN DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAGUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGIÓN PASCO

**PLANO:**  
 DISTRIBUCIÓN DE DIQUES DE CONTROL - QUEBRADA MACHGYACU

**TEJISTA:** Bach. BARRERA MALPARTIDA, Katya

**UBICACIÓN:** REGION: PASCO, PROVINCIA: DANIEL A. CARRIÓN, DISTRITO: YANAHUANCA, QUENENGA: CHAGUIPA, MARANCHACRA Y MACHGYACU

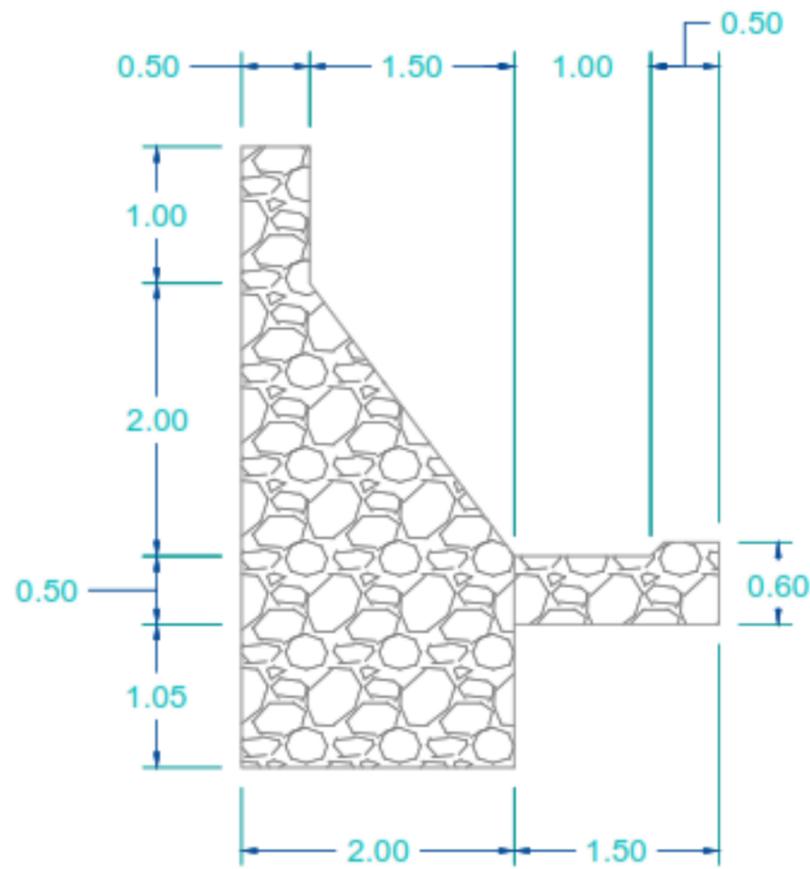
**ESCALA:** INDICADA

**FECHA:** MARZO - 2021

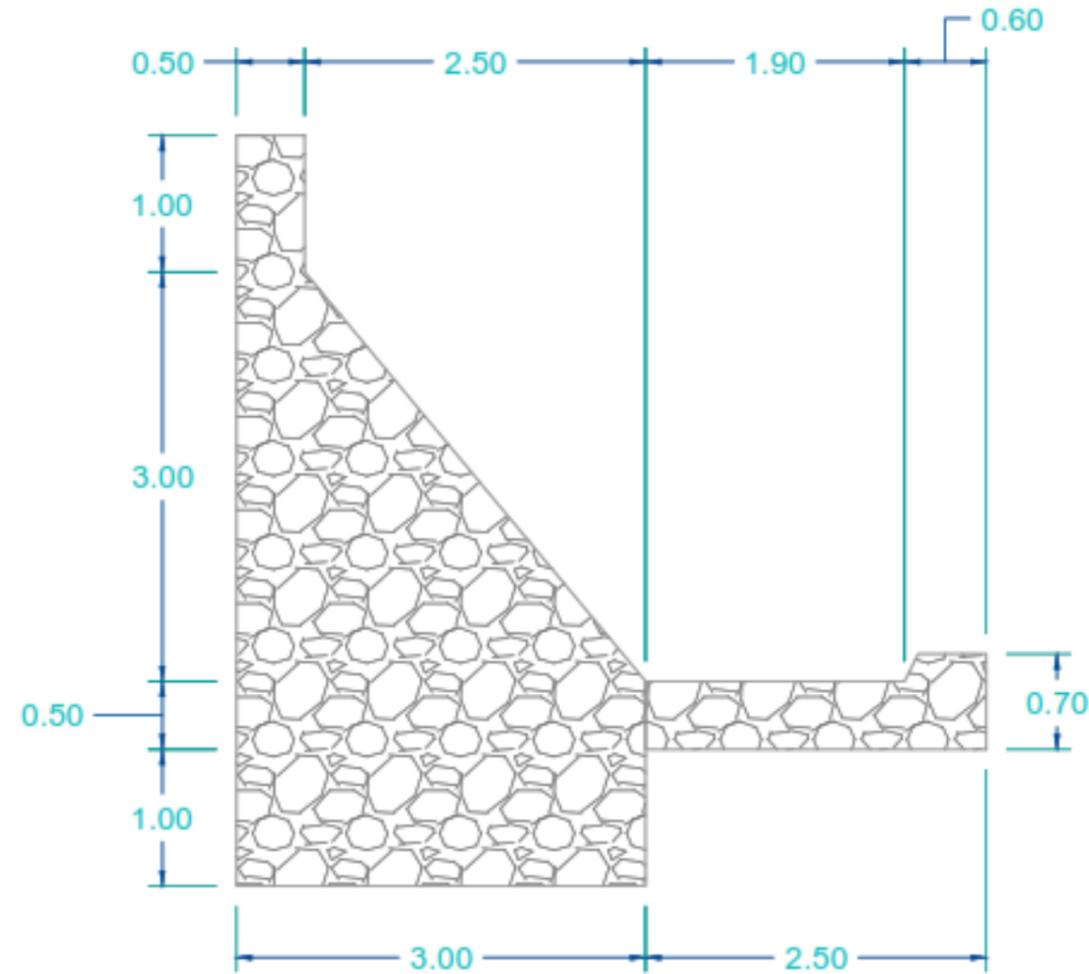
**LÁMINA:**  
P-07

# SECCIONES DE DIQUES DE CONTROL

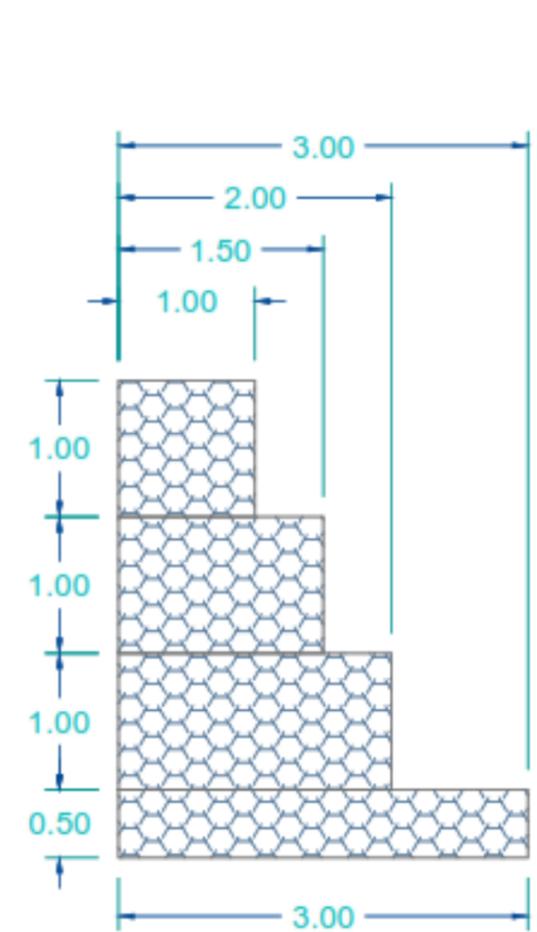
ESC: 1:50



**DIQUE DE MAMPOSTERÍA  
TIPO DM-2**



**DIQUE DE MAMPOSTERÍA  
TIPO DM-3**



**DIQUE DE GAVIÓN  
TIPO DG-2**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESISTA:**  
EVALUACION DE DIQUES DE CONTROL PARA LA MITIGACION DE HUAYCOS DE LAS QUEBRADAS CHAGUIRA, MARANCHACRA Y MACHGYACU EN LA LOCALIDAD Y DISTRITO DE YANAHUANCA, PROVINCIA DANIEL A. CARRIÓN, REGION PASCO

**PLANO:**  
SECCIONES DE LOS DIQUES DE CONTROL EVALUADOS

**TESISTA:** Bach. BARRERA MALPARTIDA, Katya

**UBICACIÓN:** REGION : PASCO  
PROVINCIA : DANIEL A. CARRIÓN  
DISTRITO : YANAHUANCA  
QUEBRADAS : CHAGUIRA, MARANCHACRA Y MACHGYACU

**ESCALA:** INDICADA

**FECHA:** MARZO - 2021

**LÁMINA:**  
**P-08**