



## FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

PROPUESTA DE MÉTODO DE CONTROL DE CALIDAD Y  
CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO PARA EL  
MANTENIMIENTO DE MUROS DE CONTENCIÓN A BASE  
DE TIERRA ARMADA. UBICADOS EN EL DISTRITO DE  
VENTANILLA - CALLAO

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

**Autor:**

Iván Cruz Alvarado

**Asesor:**

Mag. Juan Miguel de la Torre Osto.

Lima - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

A mis padres que han sabido formarme con buenos hábitos y valores, lo cual me ayudaron a seguir adelante y no rendirme ante las adversidades de la vida.

A mis hijos que son los más importante en mi vida y que por ellos decidí seguir estudiando para ser un ejemplo de superación.

A mi hermano Ever que hace unos meses partió al cielo y que siempre él me guiara como cuando lo hiso en vida.

A mi novia por haberme ayudado e incentivado a seguir con mis estudios cuando pensé que no podía continuar por la presión que tenía en el trabajo y hogar.

## **AGRADECIMIENTO**

El principal agradecimiento es a Dios, quien me ha cuidado, guiado y me dio fortaleza para seguir adelante en estos tiempos difíciles que el país y el mundo está atravesando.

A mis hijos por su comprensión ya que en estos años de estudio los descuidé y me perdí de muchos momentos junto a ellos.

También quiero agradecer a aquellas personas que fueron un apoyo incondicional para no declinar en toda esta etapa universitaria; A mis profesores de los cuales obtuve los conocimientos necesarios para poder llegar al final de mi carrera.

Gracias totales.

## INDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>10</b>
<b>INDICE DE ECUACION .....</b>	<b>13</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>14</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.1. Realidad problemática .....	16
1.2. Antecedentes .....	20
1.2.1 Nivel internacional.....	20
1.2.2 Nivel Nacional .....	22
1.3. Formulación del Problema .....	24
1.3.1 Problema General .....	24
1.3.2 Problema específico .....	24
1.4. Justificación .....	24
1.5. Objetivos.....	25
1.5.1 Objetivo General .....	25
1.5.2 Objetivos Específicos.....	26
1.6. Hipótesis .....	26
1.6.1 Hipótesis General .....	26
1.6.2 Hipótesis Específicas .....	26
1.7. Bases Teóricas .....	27

<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....</b>	<b>33</b>
2.1. Tipo y diseño de la investigación. ....	33
2.1.1. Tipo de Investigación .....	33
2.1.2. Diseño de Investigación.....	33
2.1.3. Operaciones de Variables.....	33
2.2. Material de Estudio .....	34
2.2.1. Población.....	34
2.2.2. Muestra. ....	35
2.2.3. Técnicas e instrumentos. ....	36
2.2.4. Recolección de datos.....	37
2.2.5. Validación del Instrumento. ....	37
2.3. Procedimiento.....	40
2.3.1. Pre-dimensionamiento muro de contención .....	43
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
3.1 Muros de contención de 6.00 m. ....	47
3.2 Muros de contención de 4.00 m. ....	53
3.3 Muros de contención de 2.00 m. ....	59
3.4 Estadística de encuestas .....	65
3.5 Estadística descriptiva del Instrumento .....	66
3.5.1 Variable Independiente: Manual de Control y Criterios de Comportamientos	66
3.6.2 Variable Dependiente: Muros de contención a base de tierra armada .....	71
3.6 Inferencia Estadística.....	75
3.7.1 Objetivo específico 1. ....	75

3.7.2 Objetivo específico 2. ....	80
3.7.3 Objetivo específico 3. ....	84
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIONES Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>90</b>
4.1. DISCUSIONES.....	90
4.2. CONCLUSIONES.....	93
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>
Anexo 1	98
Anexo 2. Validación de Juicio de Experto .....	101
Anexo 3. Información de validadores. ....	103
Anexo 4. Matriz de Consistencia .....	104
Anexo 5. Propuesta De Control De Calidad De Obras De Tierra Armada.....	106

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Juicios Expertos	34
Tabla 2: Características del predimensionado	38
Tabla 3: Calculo del predimensionado	38
Tabla 4: Resumen de fuerzas obtenidas del muro de 6.00 m	41
Tabla 5: Dimensiones finales calculados por Mononobe - Okabe en el muro de 6 metros	43
Tabla 6: Cuadro de fuerzas y momentos estabilizantes y desestabilizantes calculadas por Mononobe-Okabe en el muro de 6 metros	44
Tabla 7: Dimensiones finales calculados por GLE en el muro de 6 metros.	45
Tabla 8: Cuadro de fuerzas y momentos estabilizantes desestabilizantes calculadas por GLE en el muro de 6.00 m	46
Tabla 9: Cuadro resumen de volúmenes obtenidas del muro de 6.00 m	47
Tabla 10: Cuadro resumen de fuerzas obtenidas del muro de 4.00 m	48
Tabla 11: Dimensiones finales calculados por Mononobe-Okabe en el muro de 4 metros	49
Tabla 12: Cuadro de fuerzas y momentos estabilizantes y desestabilizantes calculadas por Mononobe-Okabe en el muro de 4 metros.	50
Tabla 13: Dimensiones finales calculados por GLE en el muro de 4 metros.	51

Tabla 14: Cuadro de fuerzas y momentos estabilizantes y desestabilizantes calculadas por GLE en el muro de 4 metros.	52
Tabla 15: Cuadro resumen de volúmenes obtenidas del muro de 4.00 m	53
Tabla 16: Cuadro Resumen de fuerzas obtenidas del muro de 2.00m	54
Tabla 17: Dimensiones finales calculados por Mononobe-Okabe en el muro de 2 metros.	55
Tabla 18: Cuadro de fuerzas y momentos estabilizantes y desestabilizantes calculadas por Mononobe-Okabe en el muro de 2 metros	56
Tabla 19: Dimensiones finales calculados por GLE en el muro de 2 metros	57
Tabla 20: Cuadro de fuerzas y momentos estabilizantes y desestabilizantes calculadas por Mononobe-Okabe en el muro de 2 metros	58
Tabla 21: Cuadro resumen de volúmenes obtenidas del muro de 2.00m	59
Tabla 22: Estadísticas de fiabilidad	60
Tabla 23: Grado de relación según el coeficiente de correlación de Rho de Spearman	70
Tabla 24: Tabla cruzada	71
Tabla 25: Pruebas de chi cuadrado	72
Tabla 26: Medidas simétricas	72
Tabla 27: Tabla cruzada	75



Tabla 28: Pruebas de chi-cuadrado	76
Tabla 29: Medias simétricas	76
Tabla 30: Tabla cruzada	79
Tabla 31: Pruebas de chi-cuadrado	80
Tabla 32: Medidas simétricas	80
Tabla 33: Clasificación de Rellenos	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Muro de Tierra Armada	22
Figura 2: Matriz operacional.	30
Figura 3: Parámetros de pre-dimensionamiento.	35
Figura 4: Pre-dimensionamiento del muro de contención de 6.00 m	36
Figura 5: Pre-dimensionamiento del muro de contención de 4.00 m	36
Figura 6: Pre-dimensionamiento del muro de contención de 2.00 m	37
Figura 7: Modelo SLOPE/W del muro de contención de 6.00 m y talud 0°	40
Figura 8: Factor de seguridad SLOPE/W del muro de contención de 6.00 m y talud 0°	40
Figura 9: Nomenclatura del dimensionamiento final	42
Figura 10: ¿Considera usted que el comportamiento mecánico depende de haber realizado un pertinente control en fabrica y en obra de los parámetros relaciones al muro?	60
Figura 11: ¿Considera usted que podrá omitirse el control en obra de ciertos parámetros siempre que exista un certificado de calidad?	61
Figura 12: ¿Considera usted importante determinar los parámetros físico – químico – biológico de relleno a fin de estimar de durabilidad del muro?	61

- Figura 13: ¿Cree usted que identificando pertinentemente un relleno bueno de uno marginal permitiría tomar las medidas adecuadas de control de los elementos metálicos en fabrica? 62
- Figura 14: ¿Considera usted que en una obra con importancia estructural normal puede prescindirse de control de algunos parámetros siempre que el relleno encaje en la clasificación de bueno? 62
- Figura 15: ¿Considera usted acertado omitir el control en obra de algunos parámetros por tratarse de una obra con importancia funcional normal? 63
- Figura 16: ¿Cree usted, que en una obra de importancia funcional crítica, el control en obra abarcaría principalmente solo medidas no destructivas del espesor del recubrimiento, siempre que existan certificados de calidad? 63
- Figura 17: ¿Considera usted que las consecuencias que ocasiona la falla de una obra de importancia funcional crítica, siempre se podría evitar realizando un juicioso análisis por encima de los estándares del pliego de prescripciones técnicas generales? 64
- Figura 18: ¿Considera importante comprobar los estados límites de servicio del muro a fin de estimar, controlar y darle solución a las deformaciones excesivas? 64

Figura 19: ¿Cree usted que el estado límite de servicio de fisuración es dimensionante cuando se ejecutan pantallas de contención y el terreno es agresivo?	65
Figura 20: ¿Cree usted que la falla por deslizamiento o volcadura se debe a un deficiente análisis de la estabilidad interna para definir la longitud de las tiras de refuerzo y separación horizontal y vertical?	65
Figura 21: ¿Considera usted que estado de volcamiento y deslizamiento se debe a un deficiente análisis de riesgo de corrosión en el caso de tiras metálicas?	66
Figura 22: ¿Considera usted que un adecuado cálculo de concreto para muros estructurales aseguraría la resistencia al corte?	66
Figura 23: ¿Considera necesario diseñar el muro por capacidad de tal forma de considerar al efecto de sobre resistencia respaldado por nuevas investigaciones?	67
Figura 24: ¿Cree usted que un adecuado cálculo del espesor del muro aseguraría la resistencia a la flexión?	67
Figura 25: Considera que una deficiente verificación de los esfuerzos al corte necesariamente conllevaría a falla del muro por flexión?	68
Figura 26: Modalidades de control	86

## INDICE DE ECUACION

Ecuación 1. Muestra probabilística .....

## RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación, es la de analizar y elaborar un método de control de calidad para el mantenimiento de muros de contención a base de tierra armada, ubicados en el distrito Ventanilla, identificando los controles de calidad de los materiales prefabricados, de las características del relleno y de la ejecución de la obra, estudiando las causas en el comportamiento deficiente y la inestabilidad de la obra basados en su estética y por ende estableciendo criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los Muros de Tierra Armada dependiendo de la disfuncionalidad y de la avería.

La metodología utilizada tiene un tipo de diseño aplicado de naturaleza descriptiva causal explicativo, no experimental transversal, debido a que en un primer momento se ha descrito las variables de estudio, posteriormente se ha medido el grado de influencia entre las variables entre el método de control de calidad para el mantenimiento de muros de contención a base de tierra armada

La población a analizar es de 23 ingenieros civiles colegiados, que, según la ecuación del muestreo aleatorio simple, dicha muestra puede ser de 21 ingenieros civiles colegiados.

Como conclusión se indica que existe una influencia directa y significativamente positiva considerable entre las dos variables, esto es, los criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los muros de tierra armada dependen de manera significativa de la disfuncionalidad y de la avería.

**Palabras clave:** Muros de contención, tierra armada y gestión de calidad.

## ABSTRACT

The main objective of this research is to analyze and develop a quality control method for the maintenance of retaining walls based on reinforced earth, located in the Ventanilla district, identifying the quality controls of the prefabricated materials, of the characteristics of the filling and of the execution of the work, studying the causes of the deficient behavior and instability of the work based on its aesthetics and therefore establishing technical criteria for the maintenance and repair of the Reinforced Earth Walls depending on the dysfunctionality and of the fault.

The methodology used has a type of applied design of a descriptive causal explanatory nature, not cross-sectional experimental, because at first the study variables have been described, later the degree of influence between the variables between the control method has been measured. quality for the maintenance of retaining walls based on reinforced earth

The population to be analyzed is 23 collegiate civil engineers, which, according to the simple random sampling equation, said sample can be 21 collegiate civil engineers

As a conclusion, it is indicated that there is a considerable direct and significantly positive influence between the two variables, that is, the technical criteria for the maintenance and repair of reinforced earth walls depend significantly on dysfunction and damage.

**Keywords:** Retaining walls, reinforced earth

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

A lo largo de su historia, el ser humano ha levantado vallas, cercos y murallas con diferentes propósitos. Se han construido muros para evitar la entrada de unos o, al contrario, para dificultar la salida de otros. Algunos se han erigido a lo largo de cientos de kilómetros y han dividido vastas extensiones de tierra, como el Muro de Adriano o la Gran Muralla China.

Aunque el propósito ha sido diverso entre unos y otros desde el origen de las civilizaciones y la evolución de la ingeniería, los muros de contención se han desempeñado como una de las estructuras más importantes y antiguas en la historia de la humanidad. Una muestra evidente son las construcciones de la cultura inca, donde se utilizaron muros de piedras, diseñados para soportar el empuje de la tierra y con esto dar inicio a la agricultura, sembrar en ella sin generar derrumbes. Del mismo modo, en la Grecia antigua y el Palatino romano, se ingeniaron el mismo tipo de estructuras, con refuerzos en contra fuertes para soportar los empujes del suelo y poder construir características obras que los sitúan en la historia. Estos ejemplos dan la idea de la importancia de la utilización de los muros de contención (Guarín Leyva, Gabriel Leonardo, 2018).

Sabemos que en la antigüedad se construyeron diferentes tipos de muros de carga y los que se conservan son de adobe o piedra que vienen hacer los más antiguos. Se tiene constancia de la existencia de pastas y morteros precursores del hormigón desde los tiempos del Antiguo Egipto, pero fueron los romanos los que impulsaron este material con la técnica del Emplectum, consistente en crear dos hojas exteriores de sillares de piedra,



rellenas de un mortero de cal con arena y cascotes. Esta técnica constructiva se ha repetido con ligeras variantes (como el muro Dacio), a lo largo de la historia.

En los lugares donde la piedra escaseaba o era excesivamente costoso conseguirla, ésta se sustituyó por el barro en forma de adobe: un ladrillo de barro secado al sol.

Asimismo, se puede establecer un paralelismo entre el emplectum y el tapial, una forma de construcción consistente en aprisionar barro entre dos placas o encofrados de madera, y compactarlo en sucesivas tongadas mediante mazos o pisones. Una vez se terminaba una hilada de tapias, se colocaban el encofrado encima, y se repetía la operación. Con estas técnicas de tapial y adobe se lograron erigir edificios de hasta seis alturas, algunos de los cuales perduran en Yemen.

Pero el material más empleado para realizar muros de carga es el ladrillo: una evolución del adobe cuya diferencia estriba en el proceso de cocción, que le confiere mayor resistencia y durabilidad. El ladrillo empleado en muros de carga suele ser macizo, aunque no es inusual encontrar muros de carga de ladrillo perforado o incluso hueco en viviendas de una o dos alturas. Una variante del muro de carga de ladrillo es el realizado con bloque de hormigón, pero no es posible alcanzar grandes alturas por este método.

Al igual que en las épocas anteriores, también existe un reflejo del emplectum romano en el empleo actual del hormigón en masa, donde, como sucediera en el tapial, el hormigón se confina mediante encofrados hasta que éste fragua y adquiere dureza.

La aparición del acero, capaz de soportar las tensiones de tracción, posibilitó la aparición del hormigón armado y de las estructuras metálicas, que modificó radicalmente la forma de construir, dejando obsoletos los muros de carga. En la actualidad, estos muros sólo se emplean en obras de poca entidad, como muros de contención de terreno en obras públicas y en sótanos, siendo el resto de la estructura una combinación de vigas y pilares, por lo que los muros rara vez adquieren funciones importantes o estructurales y su único propósito es el de compartimentar o aislar los espacios.

Hasta finales del siglo XIX, se construían muros de mampostería y piedra, a partir del siglo XX se comenzó a construir muros de concreto en masa y de concreto armado, desplazando en muy buena parte a los materiales anteriormente utilizados.

Hoy en día, los grandes avances para la ingeniería civil sobre los muros de contenciones es que éstas son estructuras muy usadas en diferentes campos, siendo su principal función la de actuar como estructura de sostenimiento de las tierras, soportar cargas estáticas y dinámicas, además se usan para el soporte del empuje de tierras en vías terrestres, obras con desniveles, sean viviendas, colegios, centros comerciales, centros mineros e inclusive en parques o ríos, por otro lado también es común que se empleen muros que previenen posibles desastres naturales, ya que las ciudades siempre se han fundado desde la antigüedad en las márgenes de los ríos, como necesidad por el recurso hídrico para el desarrollo de la agricultura, ganadería y otras actividades para la vida del ser humano, de ahí la injerencia de relación, resultando ser los ríos la parte dominante como señala el autor ya que “el río puede vivir sin la ciudad, pero la ciudad no puede vivir sin el río” (Rocha, 2011, pp. 5).

Por esta razón de dependencia el hombre trata de defenderse de los posibles eventos cuidando su integridad y sus bienes. A partir de las concepciones que influyen para el diseño de las estructuras de las diversas estabilizaciones, desde que anteriormente se venía utilizando como defensa de contención y control de los crecientes desbordes de aguas “no cumplen la función de impermeabilizar, sino de proteger los márgenes contra la erosión de tal manera que los diques no fallen y se produzca una inundación” (Suarez, 2001).

La experiencia peruana en la continua actualización en las obras de construcción de infraestructura y edificaciones resulta fundamental, puesto que en el país se tienen distintos tipos de riesgos de desastres como sismos, ciclones y huracanes en las costas; en otras regiones inundaciones por desbordamiento de ríos y deslaves; e incendios forestales.

En este sentido, la Ingeniería Civil tiene un rol determinante frente a estos desastres naturales, no solo en cuanto a la prevención, sino también la resistencia, buena construcción y mantenimiento de la infraestructura urbana, las cuales deben realizarse con el mayor control de calidad, tanto de materiales de construcción como en su proceso constructivo.

Cabe destacar, que la Economía Peruana habría tenido un avance de 5% interanual gracias a los sectores de pesca y construcción ante un buen desempeño de la inversión pública. Además, Perú es el tercer país de la región que tiene el costo más bajo en el manejo de los permisos de construcción de edificaciones (Reuters, 2019).

En este propósito, Perú ha sumado esfuerzos en cumplir con las normas y especificaciones para proyección, diseño, cálculo, construcción y supervisión de obras, sin

embargo, queda mucho por avanzar de la mano de la inversión pública y privada, y del talento humano con el que cuenta el país.

En efecto, cumplir con un estricto control en el mantenimiento de los muros de contención de tierra armada puede prevenir eficazmente el riesgo de desastres en zonas pobladas como Ventanilla, el cual es el caso que se aborda en esta oportunidad. Para ello, se sugiere el uso de criterios técnicos en cuanto a una supervisión rigurosa en la calidad actual de la estructura, resistencia y durabilidad, que permitan detectar cualquier falla en los materiales y en el proceso constructivo aplicado.

## **1.2. Antecedentes**

### **1.2.1 Nivel internacional**

- De acuerdo a Lucero Prado. F. H. Pachacama Caizza E. A., y Rodríguez Montero W. A. (2017) en su trabajo titulado: “Análisis y Diseño de Muros de Contención”, para obtener el título de Ingeniero Civil de la Universidad Central del Ecuador, el cual tuvo como objetivo general elaborar un manual práctico de forma simplificada de análisis y diseño de muros de contención y revestimiento, para que, tanto el estudiante de ingeniería, como el profesional de la rama, tengan una guía y ayuda para resolver de la manera más adecuada y práctica los diferentes diseños.
- Según Ostos Ramos R. (2004) en su tesis sobre “Construcción de un Muro Mecánicamente Estabilizado con el Proceso de Tierra Armada”, para obtener el título de licenciatura en Ingeniería de Construcción del Instituto Tecnológico de la Construcción de México Distrito Federal, propone demostrar y comparar la eficiencia y rapidez que existen en el proceso constructivo de un muro

mecánicamente estabilizado contra un muro convencional de concreto reforzado, así como su costo. El mencionado autor señala que en la actualidad la necesidad de construir muros de contención que presenten mayor altura, rapidez de ejecución, costos menores y que ocupen menos área de trabajo, ha llevado a buscar nuevas técnicas y tecnologías de construcción; y esta necesidad lleva a la idea de construir un "muro armado". Lo presentado en este trabajo se enfocó en los procesos constructivos de los muros mecánicamente estabilizados con el proceso de tierra armada, así como su aplicación en diferentes áreas de la construcción y la comparación que existe con la construcción de un muro de concreto armado.

- Luis Andrés Vera Oyarzun en su memoria para optar al título de INGENIERO CONSTRUCTOR presento “Muros de Retención de Suelos con Sistema de Tierra Armada” ante la UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE Facultad de Ciencias de la Ingeniería Escuela de Construcción Civil. En los últimos años, las obras viales son construidas mediante una gran cantidad de muros de contención. Para proyectos en los cuales los tamaños de los terraplenes involucrados signifiquen la expropiación de terrenos adyacentes o la altura del muro de contención es tal que involucra una excavación para colocar zapatas, el sistema de muro de Tierra Armada proporciona la solución más económica. A través de la tecnología de Tierra Armada se ha logrado obtener un material compuesto (tierra armada) que ofrece múltiples ventajas con respecto a los materiales tradicionales de la ingeniería civil, especialmente: flexibilidad, gran resistencia a los esfuerzos estáticos y dinámicos, rapidez de ejecución, estética de las obras, considerable economía obras de carácter definitivo.

### 1.2.2 Nivel Nacional

- En su investigación Arroyo Quiliche Zoila Isabel & Capuñay Bautista Sofía Marilyn titulada: “Alternativas de contención en las MZ D1 y E1 del sector ARICA, distrito de COISHCO – SANTA – ANCASH”, en su disertación para obtener el título de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional del Santa. Ancash. Perú, señala que en las Mz D1 y E1 del Sector Arica del Distrito de Coishco no cuentan con estructuras de protección adecuadas para contener los posibles deslizamientos de taludes inestables, a la vez no cuentan con estudios adecuados que puedan mejorar dicha inestabilidad, la cual representa un peligro inminente para las viviendas y habitantes de esa zona. Por lo que es necesario contar con información y realizar un proyecto de investigación, para proponer alternativas de contención, para los taludes y seleccionar la alternativa que cumpla con una función óptima – económica y confortable para dicho fin.
- Castillo Paz, Yonnathan Neiste y Nieves Silva, Jhovani Patricio en su trabajo de modalidad de Suficiencia Profesional presentado a la Universidad Peruana del Norte, realizaron la “Propuesta de proceso constructivo de Tierra Armada con Geotextiles en muros de contención para estabilización de taludes en playa la encontrada – Cañete 2016. Para el desarrollo de la investigación se realiza una propuesta de metodología de procesos constructivos del uso de tierra armada con geotextil para la estabilización de taludes. Se realiza el diagnóstico del talud a estabilizar determinando la zona crítica, diseño del geotextil y se compara con muros de

contención tradicional de concreto armado, determinando las ventajas, con sustentos teóricos de investigaciones nacionales e internacionales, informes técnicos del proveedor de geotextil la empresa Mexichen Perú Soluciones Integrales e informes y datos obtenidos en la ejecución del proyecto. Los resultados obtenidos en las investigaciones determinan que el uso de tierra armada con geotextil genera una reducción de costos de 20%, aumento de productividad y plazo del 30% y menor impacto ambiental, debido a que los materiales de geotextil tienen menor huella de carbono que el uso de concreto armado y que permiten la construcción de muros ecológicos.

- Para la obtención del título profesional de Ingeniería civil, Ketty Faride Flores Tapia, presenta ante la Universidad Nacional de Altiplano Puno “Eficiencia del Diseño Muro de Contención de Gran Altura con Técnica de Tierra Armada respecto al Muro de Contención de Concreto Armado en la Ciudad de Puno”

Por lo que se planteó las siguientes interrogantes: ¿El diseño de un muro de contención de gran altura con la técnica de tierra armada será eficiente económica y técnicamente respecto al muro de contención de concreto armado en la ciudad de Puno?, se procedió a: Evaluar los parámetros del suelo y las propiedades de los materiales de diseño geotécnico del muro de contención de tierra armada y del muro de contención de concreto armado. Diseñar el muro de contención con la técnica de tierra armada y diseñar el muro de contención de concreto armado con las mismas solicitaciones. Con la finalidad de evaluar la eficiencia de la propuesta en cuanto a comportamiento mecánico (desempeño estructural) y costos respecto al

método convencional de un muro de concreto armado. Luego de lo cual se ha concluido que ambas técnicas de construcción tienen un estándar de diseño acorde a lo esperado.

### **1.3. Formulación del Problema**

#### **1.3.1 Problema General**

¿Cuáles serían los métodos de control de calidad y criterios de comportamiento a emplear en el mantenimiento de muros de contención basados en muros de tierra armada. Ubicados en el Distrito de Ventanilla?

#### **1.3.2 Problema específico**

##### **Problema específico 1.**

¿Cómo identificar los Controles de calidad de los materiales prefabricados, de las características del relleno y de la ejecución de la obra?

##### **Problema específico 2.**

¿Cómo estudiar las causas en el comportamiento deficiente y la inestabilidad de la obra basados en su estética?

##### **Problema específico 3.**

¿Cómo establecer criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los Muros de Tierra Armada dependiendo de la disfuncionalidad y de la avería?

### **1.4. Justificación**

Podemos mencionar que los muros de tierra armada surgen como una alternativa a los muros convencionales de concreto armado. La idea y visión de Tierra Armada fue la de



reducir el consumo de componentes manufacturados utilizando la fuerza inherente del suelo natural.

Dentro de las **limitaciones**, se hace referencia que, en ocasiones, durante el proceso constructivo de los Muros de Tierra Armada bajo un control deficiente, ocurren trabajos mal ejecutados que se piensa que no afectarán al muro y la única verdad es que le acortan la vida útil para la cual fue diseñado.

Dada la rapidez del proceso constructivo de una Obra de Tierra de Armada la inspección visual tiene una importancia fundamental en el control de los materiales para terraplenes, de no ser así, se estaría corriendo el riesgo de no corregir a tiempo alguna anomalía o falla en su ejecución, por lo que el proceso de control posterior a la obra estaría sujeto a fuertes cambios estructurales acarreado gastos incensarios.

En el caso de que haya que realizarse alguna corrección de defectos geométricos del paramento se tienen que desmontar las escamas implicadas, lo que supone desmontar el macizo hasta la cota de la escama más baja. Es por ello, la necesidad de realizar el control de la geometría del paramento lo más pronto posible después de realizar el montaje.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Proponer una metodología de control de calidad y criterios de comportamiento para el mantenimiento de muros de contención a base de tierra armada. Ubicados en el distrito de ventanilla.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

#### **Objetivo específico 1.**

Identificar los Controles de calidad de los materiales prefabricados, de las características del relleno y de la ejecución de la obra.

#### **Objetivo específico 2.**

Estudiar las causas en el comportamiento deficiente y la inestabilidad de la obra basados en su estética.

#### **Objetivo específico 3.**

Establecer criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los Muros de Tierra Armada dependiendo de la disfuncionalidad y de la avería.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis General**

Identificar los Controles de calidad de los materiales, mejora las características para el mantenimiento en los muros de contención a base de tierra armada. Ubicados en el Distrito de Ventanilla.

### **1.6.2 Hipótesis Específicas**

#### **Hipótesis específica 1.**

Identificar los Controles de calidad de los materiales prefabricados mejora las características del relleno y de la ejecución de la obra.

#### **Hipótesis específica 2.**

Estudiar las causas en el comportamiento deficiente ayudará a encontrar la inestabilidad de la obra basados en su estética.

### Hipótesis específica 3.

Los criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los Muros de Tierra Armada dependen de la disfuncionalidad y de la avería.

#### 1.7. Bases Teóricas

Para algunas **nociones teóricas**, podemos destacar que **la tierra armada** patentada por el francés Henri Vidal (1963), es una técnica de construcción de muros altos con problemas de cimentación, en espacios abiertos y siempre que se pueda ocupar el terreno de trasdós (ver Figura 1). Consiste en colocar de forma ordenada bandas de acero de refuerzo en un terraplén, en planos horizontales, que se unen a unas placas prefabricadas que conforman el paramento del muro (Yepes, 2016).

Las bandas o armaduras suelen ser de chapa metálica de varios metros de longitud (aproximadamente un 80% de la altura del muro), de 2 a 12 cm de anchura y de 3 a 5 mm de espesor<sup>10</sup>. El relleno debe ser granular para garantizar el rozamiento con las armaduras. Con esta técnica se consiguen muros verticales de hasta 25 – 30 m de altura.

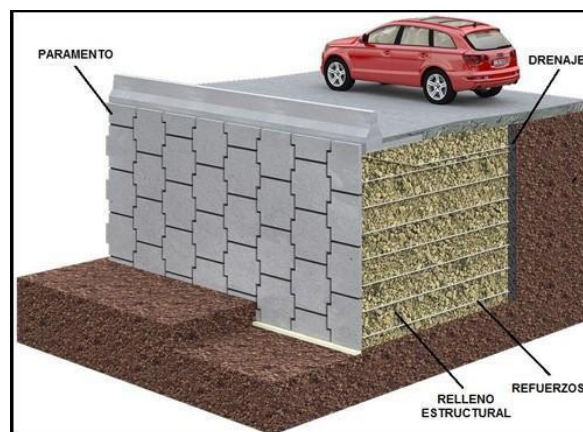


Figura 1. Muro de Tierra Armada.

Fuente: <http://www.tierra-armada.cl/sistema.html>

La tierra armada debe su resistencia interna al refuerzo, con todo, externamente actúan como estructuras masivas de gravedad. Permite muros en suelos con poca capacidad portante, tolera asentamientos diferenciales y puede demolerse o repararse fácilmente. Además de una ejecución rápida y un costo de ejecución competitivo, las placas prefabricadas son de calidad y permiten ser elementos decorativos. Sin embargo, hay que asegurarse de usar un relleno de calidad, cuidar la corrosión de las bandas de refuerzo y tener presente que este tipo de muros está sometido a patentes.

La teoría explica que intercalar suelo reforzado genera un rozamiento en los puntos de contacto entre ambos que crea una unión permanente y predecible, creando un material compuesto de construcción único. Esta inigualable combinación crea una estructura duradera de contención por gravedad que, sumada a su propio peso, es capaz de soportar grandes sobrecargas dinámicas o estáticas de estructuras asociadas y vehículos.

Por esta razón, los componentes estructurales de estos muros de contención deben ser capaces de resistir fenómenos naturales, presión del suelo, fricción, erosión, impermeabilidad, criterios que deben ser tomados en cuenta en la elaboración del diseño y construcción de la obra para evitar posibles fallas en su estabilidad, para lo cual se deben realizar ciertas clases de análisis:

- Análisis de estabilidad interna básicamente para definir la longitud de las tiras de refuerzo y separación horizontal y vertical, esto para que no se produzca deslizamiento del material térreo respecto a las tiras.
- Análisis de riesgo de corrosión en el caso de tiras metálicas o colocar algún elemento frontal que impida la salida de la tierra entre las tiras de refuerzo.

Del resultado obtenido de los análisis mencionados anteriormente puede concluirse que exista algún riesgo de que se presente una falla en un muro de tierra armada de cualquiera de los siguientes:

- Falla por deslizamiento o volcadura, en la cual la tierra armada colapsa como un conjunto, sin deformación importante dentro de sí misma.
- Falla por deslizamiento de la tierra en relación a las tiras de armado, acompañada de una desorganización dentro del cuerpo de tierra armada.
- Falla por rotura de las tiras de refuerzo, asociada a mecanismos de falla progresiva.
- Falla en la calidad del relleno y el uso del material metálico a usarse para estas estructuras, puesto que deben ser de naturaleza friccionante y no corrosiva.

Por otro lado, otros conceptos no menos importantes, como la **arcilla**, el cual es un material producto de la descomposición e hidratación de las rocas feldespáticas (Glosario de Términos Técnicos 2017, 1).

También se mencionará la **contracción**, la cual produce cambios de volumen en el hormigón debido a la pérdida de agua por evaporación, causada por las variaciones de humedad y temperatura del medio ambiente. Es importante controlar la contracción porque puede producir problemas de fisuración (Vargas Márquez J. L. 2017, Pág. 29).

Otro concepto básico es la **demolición** que es una serie de operaciones necesarias requeridas en los trabajos para deshacer, desmontar cualquier tipo de construcción o elementos que la integran (Glosario de Términos Técnicos 2017, 1).

Una parte importante de la física es la **dinámica** que describe la evolución en el tiempo de un sistema físico en relación a las causas que provocan los cambios de estado físico y/o estado de movimiento (Figuera A. 2017, Pág. 11).

El **dique**, es un muro grueso construido para contener la fuerza del agua, embalsarla o reconducirla. (Diccionario Manual de la Lengua Española Vox. ©. 2007, 45).

Una propiedad importante para esta investigación es la **elasticidad**, que es la capacidad de comportarse elásticamente dentro de ciertos límites. Es decir, que una vez deformado puede regresar a su forma original (Vargas Márquez J. L. 2017, Pág. 41).

La **erosión**, es un desgaste y modelación de la corteza terrestre causados por la acción del viento, la lluvia, los procesos fluviales, marítimos y glaciales, y por la acción de los seres vivos (Diccionario Manual de la Lengua Española Vox. ©. 2007, 57).

Otros conceptos trascendentales para estas investigaciones son: **escamas** piezas que se montan como una especie de puzzle vertical y se sustentan mediante un sistema de ejes perpendiculares sobre los que se deposita la tierra debidamente compactada (Glosario de Términos Técnicos 2017, 1).

Las **especificaciones técnicas**, son documentos técnicos que indican el procedimiento a seguir para la ejecución de una determinada actividad, indicando materiales, herramientas, equipo maquinaria y personal necesarios, así como su forma de pago y medición (Glosario de Términos Técnicos 2017, 1).

Una parte de la mecánica a tener en cuenta para esta investigación, es la **estática**, que estudia el equilibrio de fuerza (Figuera A. 2017, Pág. 11).

El **concreto armado**, es un concreto reforzado interiormente por una armadura de barras de hierro o acero para, una vez fraguado, absorber los esfuerzos de tracción a que queda sometido (Diccionario de la lengua española 2019, pág. 184).

El **concreto**, es un material que se utiliza en la construcción. Suele elaborarse mezclando cal o cemento con grava, arena y agua: cuando se seca y fragua, el hormigón se endurece y gana resistencia (Pérez Porto J., y Merino M. 2018, pág. 12).

El proceso de **impermeabilización**, tiene como objetivo la protección de azoteas, cimientos, o cualquier elemento constructivo contra la acción del agua con productos impermeables (Glosario de Términos Técnicos 2017, 1).

Una sección de la corteza terrestre, es el **macizo** que está demarcada por fallas o fisuras, en áreas rocosas, o en materiales sólidos (The Sydney Morning Herald 2009, pág. 1).

El **muro de carga**, también llamado muro portante a las paredes de una edificación que poseen función estructural; es decir, aquellas que soportan otros elementos estructurales del edificio, como arcos, bóvedas, vigas o viguetas de forjados o de la cubierta. Cuando los muros soportan cargas horizontales, como las presiones del terreno contiguo, se denominan muros de contención (Arquitectura antigua y moderna 2009, Pág. 3).

Los **muros de contención**, son elementos constructivos que cumplen la función de cerramiento, soportando por lo general los esfuerzos horizontales producidos por el empuje de tierras. En otros tipos de construcción, se utilizan para contener agua u otros líquidos en

el caso de depósitos. Un muro de contención no solo soporta los empujes horizontales transmitidos por el terreno, debe también recibir los esfuerzos verticales transmitidos a pilares, paredes de carga y forjados que apoyan sobre ellos (Diccionario Español de Ingeniería 2014, Pág. 87).

Cada una de las caras de todo elemento constructivo vertical, como paredes o lienzos de muros, son **paramento**, que en muchas ocasiones se hace referencia al paramento como la superficie de un muro (Auguste Choisy 2003, Pág. 33).

Otra propiedad mecánica es la **resistencia**, capacidad del concreto para soportar las cargas que se le apliquen (Vargas Márquez J. L. 2017, Pág. 72).

Una masa de **suelo reforzado** en parte es análoga a un concreto reforzado, en la que las propiedades mecánicas de la masa son mejoradas por el refuerzo colocado paralelo a la dirección de deformación principal, buscando compensar la deficiencia en la resistencia a tensión del suelo (Diccionario Español de Ingeniería 2014, Pág. 113).

Se denomina **terraplén**, a la tierra con que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra (Diccionario Español de Ingeniería 2014, Pág. 136).

La **tongada**, se realiza en cada uno de las capas, estratos o mantos que van dando altura a una lechada, o en caso de un terraplén, tongada de tierras. (Diccionario Manual de la Lengua Española Vox. ©. 2007, Pág. 99).



## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo y diseño de la investigación.

#### 2.1.1. Tipo de Investigación

La metodología para diseñar un sistema de método o control de calidad y criterios de comportamiento, tiene como finalidad analizar los para los muros de contención a base de tierra armada, por lo tanto, la investigación tiene como fin establecer una serie de diferencias, ventajas y desventajas de este comportamiento. Es por eso el tipo de investigación es: Cuantitativo porque emplea tablas y gráficos; explicativo porque desarrolla un manual a ese referido y Retrospectivo ya que la información es captada del pasado y analizada en el presente.

#### 2.1.2. Diseño de Investigación

La Investigación tiene diseño no experimental y es de carácter transversal.

“Podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variable. Es decir, se trata de estudio donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables” (Sampieri, 2010, p.149).

#### 2.1.3. Operaciones de Variables

**Variable Independiente:** Sistema de control de calidad y criterios de comportamiento.

**Variable Dependiente:** Muros estructurales de contención a base de tierra armada basados en el método de Mononobe – Okabe en muros de tierra armada.

Variable	Dimensiones	Indicadores
Sistema de control de calidad y criterios de comportamiento .	Control Importancia Funcional	Comportamiento mecánico. Durabilidad. Normal. Crítica.
Muros estructurales de contención basados en el método de Mononobe – Okabe en muros de tierra armada .	Estabilidad Resistencia a corte y flexión	Estado Límite de Servicio Estabilidad al volcamiento y deslizamiento Verificación de los esfuerzos al corte. Verificación de los esfuerzos a la flexión.

*Figura 2. Matriz operacional.*

## 2.2. Material de Estudio

### 2.2.1. Población.

Según Hernández (2006), la población es el conjunto de los casos que concuerda con determinadas características.

Esta investigación, está constituida por una población finita que está conformada por todos los tipos de muros de contención en sus diferentes modalidades, de ellos se ha tenido en cuenta los modelos de muros rígidos de tierra armada para determinar el

objetivo que el proceso constructivo de muros de contención se utilizará para Ventanilla como medida de resistencia y mitigación de riesgos de pérdidas de humanas y bienes de las poblaciones vulnerables. – Unidad de estudio: Muros de contención: Muros de tierra armada y con suelo reforzado (terramesh).

Asimismo, se hizo una encuesta a 22 ingenieros civiles colegios con experiencia en muros, utilizando como instrumento el cuestionario.

### 2.2.2. Muestra.

- Muros estructurales de contención a base de tierra armada en Ventanilla.
- Para la encuesta se utilizó el método probabilístico, mediante la siguiente

ecuación:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

*Ecuación 1: Muestreo aleatorio simple*

Dónde: Z: Es una constante que obedece al nivel de confianza que asignemos, para el cual se usará un nivel de confianza del 95% que corresponde un **Z= 1.96**, p:

Proporción de personal que afirma la premisa de la hipótesis (se asume P=0.5), q:

Proporción de personal que rechaza la premisa de la hipótesis (se asume Q= 0.5), e:

Margen de error (se asume 5%), N: Población (22), para lo cual reemplazando y resolviendo:

**n=20 ingenieros civiles colegiados habilitados con experiencia en muros.**

### 2.2.3. Técnicas e instrumentos.

Por la cuantificación de las informaciones adquiridas para resolver y desarrollar el tema de estudio respecto al procedimiento de muros de contención, se ha definido la instrumentación de: elementos, herramientas y equipo para el recojo de datos.

Nuestra investigación de estudio se ha valido de las siguientes herramientas

- La Observación
- Fichas de Evaluación de datos similares a la investigación.
- Fuentes de información disponibles series en web.
- Técnica: Encuesta. (la encuesta está validada para investigación)

Materiales:

- Cartas geográficas
- Formatos de muros de contención (MCA y terramesh)
- Libreta topográfica,
- Material de escritorio.
- Wincha.
- Juego de tamices
- Equipos
- DPL.
- Instrumento para encuesta: Cuestionario.

#### **2.2.4. Recolección de datos.**

Para el diseño del manual se utilizaron dos métodos:

Se realizó una encuesta utilizando como instrumento el cuestionario a 20 ingenieros civiles colegiados y habilitados con experiencia en muros de contención, utilizando el método no probabilístico.

La Observación del proceso constructivo de muro de tierra armada en el distrito de Ventanilla, para abordar el tema de estudio y poder cumplir con los objetivos del desarrollo del tema para levantar los datos, a través del proceso dialectico de análisis de las fuentes bibliográficas referente a las variables sujetas a las dimensiones direccionado a través de los indicadores del contexto actual que nos permite conocer las situaciones y condiciones de peligro y riesgo en que se expone las poblaciones de zonas critica (Espacio y áreas).

Análisis de Datos, esto incluye funciones de edición y codificación. La edición comprende la revisión de los formatos de datos en cuanto a la legalidad consistencia y totalidad de los datos. La codificación implica el establecimiento de categorías para las respuestas o grupos de respuestas (kinnear y Taylor. 1993).

#### **2.2.5. Validación del Instrumento.**

Según Hernández (2010), “La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir”.

Para la validez del instrumento (cuestionario) elaborado se utilizó la aprobación del mismo de un ingeniero especialista en muros de contención.

### Tabla 1

*Juicios Expertos:*

<b>Experto</b>	<b>Cargo</b>
Mag. Eduardo Norberto Saba Vega	Docente y residente de obra

*Fuente: Elaboración propia*

### Leyenda:

J1: Mag. Eduardo Nolberto Saba Vega

Tabla de matriz de validación de expertos en Anexos 02

<b>Experto</b>	<b>Cargo</b>
Ing. Civil Boris Gabriel Ruidias Pereda	Gerente General Arconst SAC.

*Fuente: Elaboración propia*

### Leyenda:

J2: Ing. Boris Gabriel Ruidias Pereda

Tabla de matriz de validación de expertos en Anexos 02

---

<b>Experto</b>	<b>Cargo</b>
Ing. Civil Luis Alberto Tardillo Carrasco	Gerente de Desarrollo Urbano Municipalidad del Rimac

---

*Fuente: Elaboración propia*

**Leyenda:**

J3: Ing. Civil Luis Alberto Tardillo Carrasco

Tabla de matriz de validación de expertos en Anexos 02

---

<b>Experto</b>	<b>Cargo</b>
Ing. Civil Victor Hugo Medina Ciudad	Residente de obra

---

*Fuente: Elaboración propia*

**Leyenda:**

J4: Ing. Civil Victor Hugo Medina Ciudad

Tabla de matriz de validación de expertos en Anexos 02

---

<b>Experto</b>	<b>Cargo</b>
Ing. Civil Jose Orlando Bueno Ponce	Supervisor de obra

---

*Fuente: Elaboración propia*

### **Leyenda:**

J5: Ing. Civil José Orlando Bueno Ponce

Tabla de matriz de validación de expertos en Anexos 02

### **2.3. Procedimiento**

Es importante conocer y saber utilizar las normas de análisis y diseño, siendo estas:

Reglamento Nacional de Edificaciones actualizado, en especial las normas: E050 – Suelos y Cimentaciones, E060 – Concreto Armado, Norma E030 – Diseño Sismo resistente, AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, Sixth Edition 2012 - Section 11 – Walls, abutments, and piers, Canadian Foundation Engineering Manual 4th Edition 2006 - Section 6.7- Seismic Design of Retaining Wall - Section 24 – Lateral Earth Pressures & Rigid Retaining Structure y Manual de Diseño de Puentes 4ta Edición - Apéndice C – Estimación de Empujes sobre Muros de Contención.

Se presentará en los resultados la interpretación del análisis de datos obtenidos con el método de comparación utilizado para analizar las distintas cargas que se ejercen en los muros con ello nos ayuda a tener una clara respuesta a todas las respuestas para el soporte del empuje de tierras en las obras de desniveles sean viviendas, colegios, oficinas, centros comerciales, centros mineros e inclusive en parques, se emplean muros que provienen posibles desastres.

Se procederá a elaborar el proceso de pre-dimensionamiento, donde Braga Das recomienda en su libro “Fundamentos de Ingeniería geotécnica” algunos valores aproximados para iniciar el dimensionamiento básico de muros de contención en voladizo,



para con estos poder hacer una revisión de estabilidad y, en caso no cumplan con esta, variar las dimensiones.

A continuación, se muestran los valores aproximados que se recomiendan :

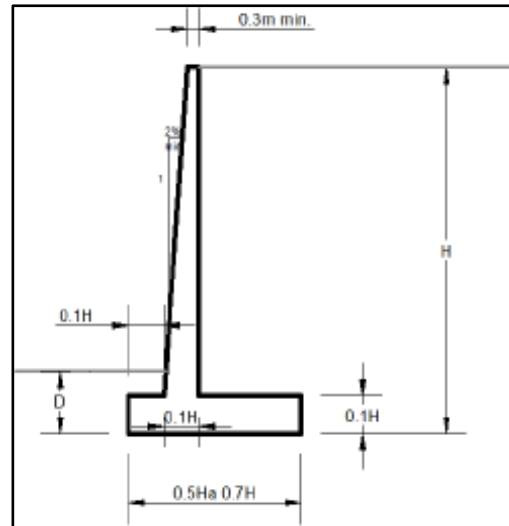


Figura 3. Parámetros de pre-dimensionamiento.

Sabiendo ya los valores a utilizar para hallar el pre-dimensionamiento se pasa a realizar este tomando en cuenta los valores máximos a usar para cada altura de muro, esto debido a fines comparativos, ya que al final se determinará si estos son sobredimensionados o subdimensionados. Asimismo, se debe de tener en cuenta los requerimientos de diseño para adecuar los ángulos y medidas necesarias a la realidad.

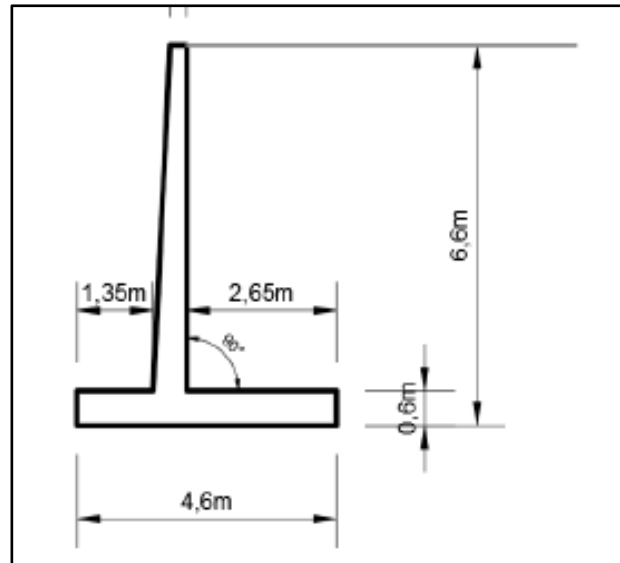


Figura 4. Pre-dimensionamiento del muro de contención de 6.00 m

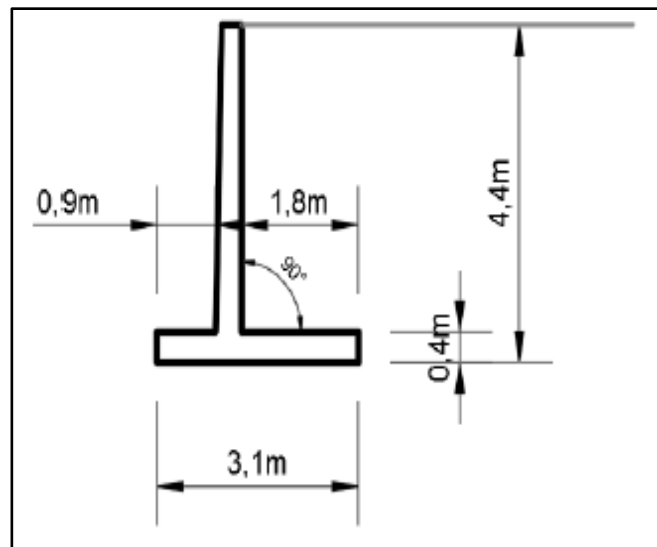


Figura 5. Pre-dimensionamiento del muro de contención de 4.00 m

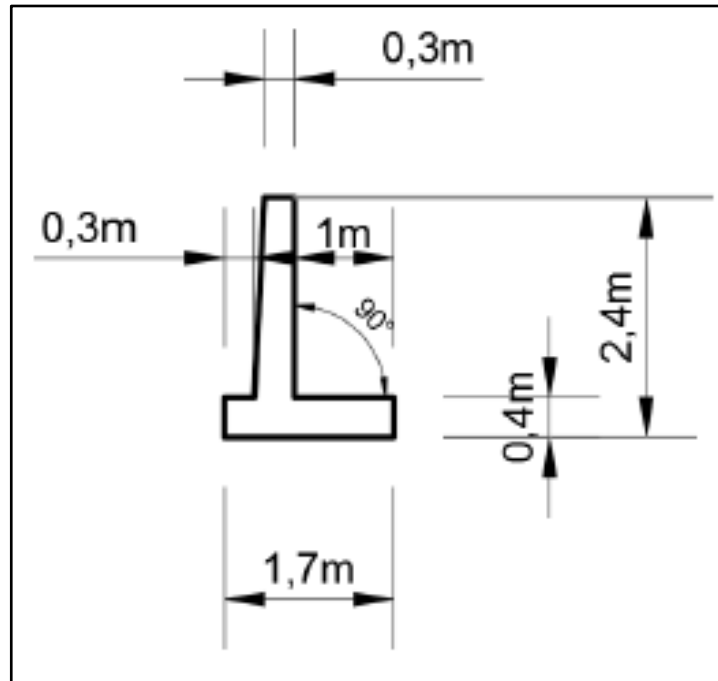


Figura 6. Pre-dimensionamiento del muro de contención de 2.00 m

### 2.3.1. Pre-dimensionamiento muro de contención

Para un muro de contención de 6.00 m, a partir del pre-dimensionamiento se realizaron diversos análisis con las diferentes combinaciones de taludes y aceleraciones sísmicas. Por fines prácticos, se mostrarán únicamente los cálculos del talud de  $0^\circ$  y aceleración nula, es decir estáticamente, por los métodos de Monobe-Okabe y GLE, para luego presentar una tabla resumen con los valores obtenidos.

- Cálculo del empuje activo

Utilizando los datos obtenidos por el estudio geotécnico, considerando la altura del muro y con los coeficientes sísmicos verticales y horizontales se procederá a calcular el coeficiente sísmico de presión activa, para proseguir al cálculo del empuje sísmico activo por Monobe-Okabe.

**Tabla 2**

*Características del predimensionado*

$\phi$	C	$\gamma$	$\beta$	$\omega$	$\delta m$	kh	kv
30.00°	0.00 Kg/cm <sup>2</sup>	1.75 Ton/m <sup>3</sup>	0.00°	0.00°	26.40°	0.00	0.00

*Fuente: Elaboración propia*

Con los datos anteriores se procederá a hacer el cálculo según las formulas ya observadas.

**Tabla 3**

*Calculo del predimensionado*

<b>Monobe- Okabe</b>	
$\Psi$	0.00°
KAE	0.296
EAE	11.28Ton/m

*Fuente: Elaboración propia*

A continuación, se procede a hallar la fuerza sísmica por el método GLE. De acuerdo al manual AASTHO, los valores que arroja este método en condiciones estáticas y con talud 0° deben ser muy parecidos a aquellos hallados por Mononobe-Okabe, y por consiguiente el modelo debe ser calibrado bajo esa suposición, dándonos los valores de las coordenadas del modelo. Se debe recordar

que, aun teniendo las dimensiones del muro, la magnitud del terreno modelado depende de esta suposición.

A continuación, se redactarán los pasos generales necesarios para correr el modelo y obtener resultados óptimos:

1. Generar la geometría del modelo colocando puntos y regiones. En el presente caso se hicieron necesarios 8 puntos y 2 regiones para idealizar el muro y los dos estratos de suelo.
2. Se definen las propiedades de los diferentes tipos de suelo y se les aplica a las respectivas regiones.
3. Existen varias formas para poder designar la ubicación de la superficie de falla. En este caso se usó la opción de “Entrada y salida”, aplicando el rango de entrada desde el inicio del modelo hasta la base del muro y el rango de salida desde la parte superior del muro hasta el final del modelo.
4. Teniendo ya la geometría modelada se inicia la aplicación de las cargas. En este caso no se tiene carga sísmica, por lo tanto, se coloca cero (0) en esa opción o se deja en blanco. Se agrega una carga puntual ubicada en el borde libre del modelo a una altura de  $0.5H$  desde la base del muro y se le da el ángulo respectivo.
5. Se debe correr el modelo y cambiar el valor de la fuerza aplicada hasta que el factor de seguridad sea 1.0 o muy cercano a este.

La fuerza aplicada en un primer instante fue aquella hallada por el método empírico y se fue optimizando hasta llegar a un valor de 11.22 Ton.

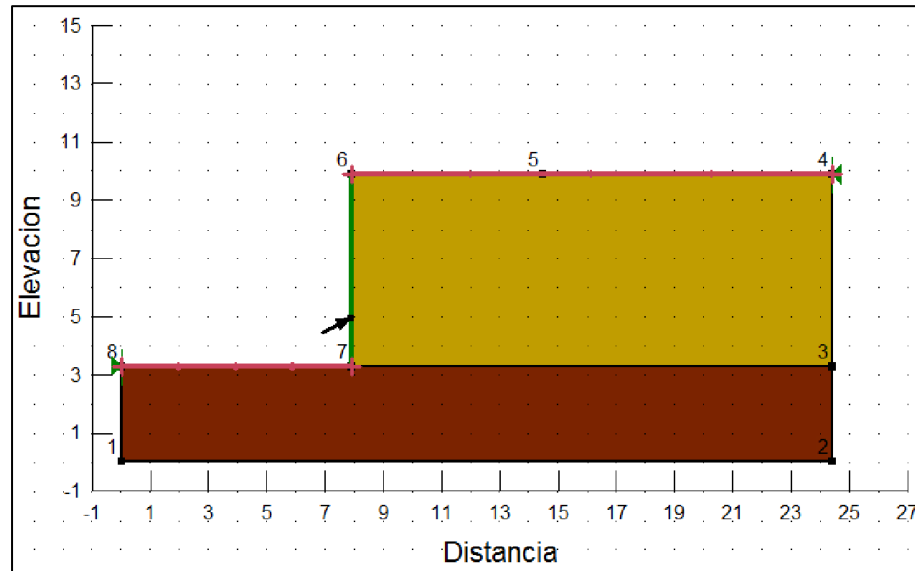


Figura 7. Modelo SLOPE/W del muro de contención de 6.00 m y talud 0°

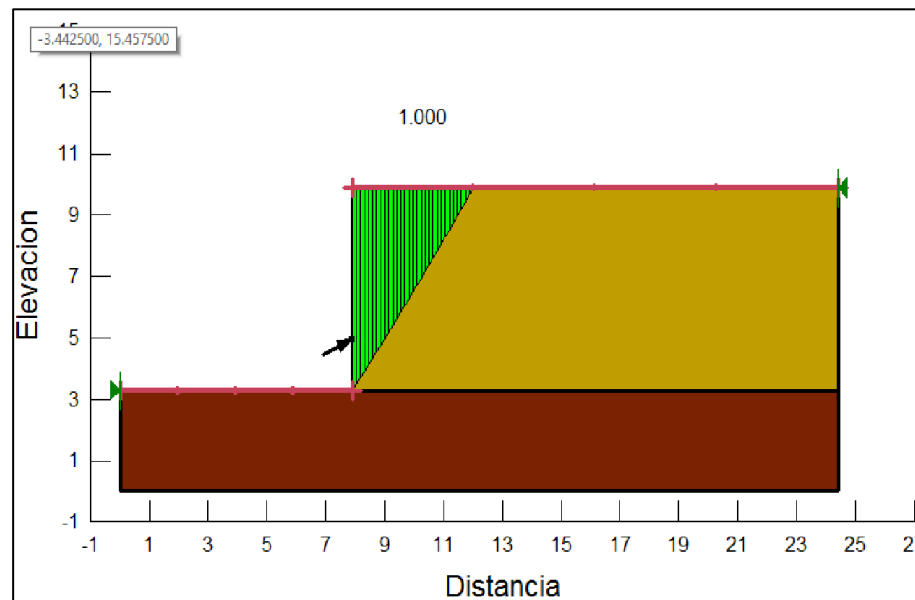


Figura 8. Factor de seguridad SLOPE/W del muro de contención de 6.00 m y talud 0°

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

A continuación, se mostrarán tablas con los resultados obtenidos por **ambos métodos de análisis** para todas las combinaciones estudiadas y se darán los comentarios pertinentes a cada una de ellas.

Resultados obtenidos por ambos métodos aplicando cada combinación de taludes y isoaceleraciones para el muro de 6.00 m.

### 3.1 Muros de contención de 6.00 m.

**Tabla 4**

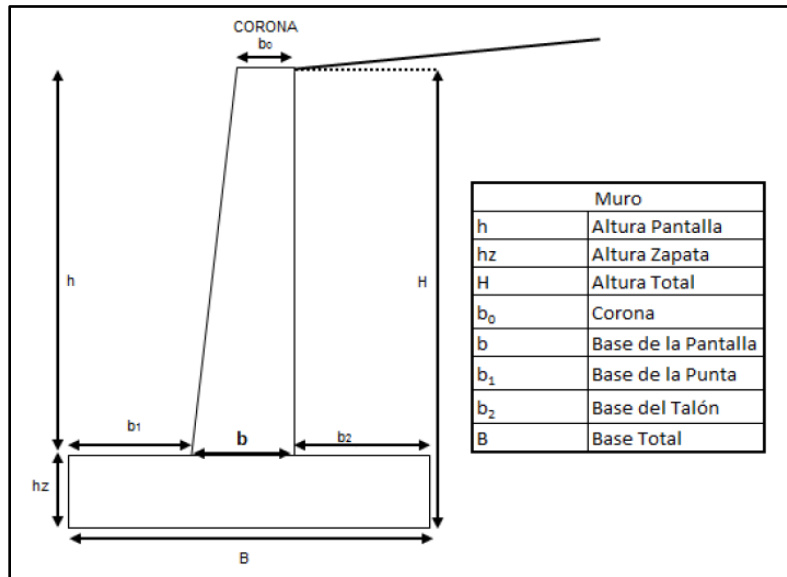
*Resumen de fuerzas obtenidas del muro de 6.00 m.*

Ángulo del Talud	Isoaceleración (g)	Fuerzas (Ton)		Factor de seguridad
		M-O GLE		
0°	0.00	11.28	11.22	1.000
	0.25	14.85	13.92	1.000
	0.35	16.64	15.91	1.000
	0.45	18.72	18.45	1.000
10°	0.00	14.88	14.80	1.002
	0.25	20.60	19.33	1.002
	0.35	23.81	21.87	1.001
	0.45	27.92	25.29	1.000
20°	0.00	20.95	20.84	1.001
	0.25	33.91	31.16	1.000
	51.69	51.69	36.78	1.001
	0.45	N.A	43.43	1.000

*Fuente : Elaboración propia*

Una vez obtenidas las distintas fuerzas debido al sismo se procede a calcular las fuerzas verticales y horizontales en el muro, con ellas será posible hallar los momentos estabilizantes y desestabilizantes. Luego de obtener todos los datos necesarios se procederá a verificar el muro por Volteo, Deslizamiento y Capacidad Portante, y así hacer un dimensionamiento final del muro.

Para realizar todo lo descrito anteriormente se estableció una nomenclatura con la cual reconocer las distintas distancias que tiene el muro.



*Figura 9. Nomenclatura del dimensionamiento final*

Luego de haber establecido la nomenclatura anterior se realizaron las simulaciones respectivas para hallar las dimensiones finales, las cuales cumplan con las verificaciones de estabilidad.

Con ello se obtuvo el volumen de los muros por metro lineal.



**Tabla 5**

*Dimensiones finales calculados por Mononobe-Okabe en el muro de 6.0 metros.*

MURO DE 6.00 m (MO)											
Ángulo del Talud	Isoaceleración (g)	Altura (m)				Base (m)			largo (m)	volumen (m <sup>3</sup> )	
		corona	zapata	pantalla	total	Punta	Talón	pantalla			total
0°	0.00	0.25	0.60	6.00	6.60	0.79	1.50	0.60	2.96	1.00	4.33
	0.25	0.25	0.60	6.00	6.60	0.97	1.93	0.60	3.50	1.00	4.65
	0.35	0.25	0.60	6.00	6.60	1.05	2.09	0.60	3.74	1.00	4.79
	0.45	0.25	0.60	6.00	6.60	1.13	2.26	0.60	3.99	1.00	4.94
10°	0.00	0.25	0.60	6.00	6.60	0.96	1.93	0.60	3.49	1.00	4.64
	0.25	0.25	0.60	6.00	6.60	1.19	2.39	0.60	4.18	1.00	5.06
	0.35	0.25	0.60	6.00	6.60	1.30	2.61	0.60	4.51	1.00	5.26
	0.45	0.25	0.60	6.00	6.60	1.43	2.87	0.60	4.90	1.00	5.49
20°	0.00	0.25	0.60	6.00	6.60	1.21	2.41	0.60	4.22	1.00	5.08
	0.25	0.25	0.60	6.00	6.60	1.64	3.28	0.60	5.52	1.00	5.86
	0.35	0.25	0.60	6.00	6.60	2.57	5.14	0.60	8.31	1.00	7.54
	0.45	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 6**

*Cuadro de fuerzas y momentos estabilizantes y desestabilizantes calculadas por Mononobe-Okabe en el muro de 6 metros*

MURO DE 6.00 m (MO)									
Angulo de Talud	Isoaceleración (g)	Fuerzas (Ton)			Momentos (Ton-m)		Factores de seguridad		Carga actuante (Kg/cm <sup>2</sup> )
		Verticales	Horizontales	Fricción	Estabilizante	Desestabilizante	Volteo	Deslizamiento	
0°	0	26.9	11.28	18.68	49.32	37.23	1.32	1.66	3.99
	0.25	31.46	16.24	21.92	68.46	51.93	1.32	1.35	3.99
	0.35	33.49	18.65	23.35	77.97	59.05	1.32	1.25	3.95
	0.45	35.6	21.39	24.84	88.54	67.13	1.32	1.16	3.94
10°	0	31.95	14.88	22.14	69.72	52.58	1.33	1.49	3.97
	0.25	38.08	22.12	26.43	100.01	75.78	1.32	1.19	3.99
	0.35	41.03	26.01	28.49	116.51	88.33	1.32	1.1	3.98
	0.45	44.54	30.88	30.93	137.72	104.09	1.32	1	3.93
20°	0	39.39	20.95	27.15	105.19	79.24	1.33	1.3	3.99
	0.25	51.94	35.67	35.72	183.07	131.3	1.39	1	3.47
	0.35	80.47	54.86	54.9	433.04	199.99	2.17	1	1.98
	0.45	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 7**

*Dimensiones finales calculados por GLE en el muro de 6 metros.*

MURO DE 6.00 m (GLE)											
Ángulo del Talud	Isoaceración (g)	Altura (m)				Base (m)				largo (m)	volumen (m3)
		corona	zapata	pantalla	total	Punta	Talón	pantalla	total		
0°	0.00	0.25	0.60	6.00	6.60	0.79	1.57	0.60	2.96	1.00	4.33
	0.25	0.25	0.60	6.00	6.60	0.93	1.87	0.60	3.40	1.00	4.59
	0.35	0.25	0.60	6.00	6.60	1.02	2.04	0.60	3.66	1.00	4.75
	0.45	0.25	0.60	6.00	6.60	1.12	2.24	0.60	3.96	1.00	4.93
10°	0.00	0.25	0.60	6.00	6.60	0.96	1.92	0.60	3.48	1.00	4.64
	0.25	0.25	0.60	6.00	6.60	1.15	2.31	0.60	4.06	1.00	4.99
	0.35	0.25	0.60	6.00	6.60	1.25	2.49	0.60	4.34	1.00	5.15
20°	0.45	0.25	0.60	6.00	6.60	1.36	2.71	0.60	4.67	1.00	5.35
	0.00	0.25	0.60	6.00	6.60	1.20	2.41	0.60	4.21	1.00	5.08
	0.25	0.25	0.60	6.00	6.60	1.53	3.05	0.60	5.18	1.00	5.66
	0.35	0.25	0.60	6.00	6.60	1.82	3.65	0.60	6.07	1.00	6.19
	0.45	0.25	0.60	6.00	6.60	2.20	4.41	0.60	7.21	1.00	6.88

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 8**

*Cuadro de fuerzas y momentos estabilizantes desestabilizantes calculadas por GLE en el muro de 6.00 m.*

MURO DE 6.00 m (GLE)									
Angulo de Talud	Isoaceleración (g)	Fuerzas (Ton)			Momentos (Ton-m)		Factores de seguridad		Carga actuante (Kg/cm <sup>2</sup> )
		Verticales	Horizontales	Fricción	Estabilizante	Desestabilizante	Volteo	Deslizamiento	
0°	0	26.90	11.22	18.68	49.32	37.03	1.32	1.67	3.92
	0.25	30.62	15.30	21.32	64.69	48.87	1.32	1.39	3.95
	0.35	32.81	17.90	22.88	74.73	56.64	1.32	1.28	3.97
	0.45	35.34	21.11	24.67	87.24	66.23	1.32	1.17	3.96
10°	0	31.86	14.80	22.08	69.31	52.30	1.33	1.49	3.98
	0.25	37.01	20.83	25.68	94.33	71.29	1.32	1.23	3.96
	0.35	39.51	24.04	27.42	107.83	81.47	1.32	1.14	3.95
	0.45	42.47	28.18	29.49	124.97	94.79	1.32	1.05	3.98
20°	0	39.30	20.84	27.09	104.70	78.82	1.33	1.30	3.98
	0.25	48.61	32.86	33.45	160.43	120.88	1.33	1.02	3.98
	0.35	57.39	39.38	39.41	223.16	143.42	1.56	1.00	2.75
	0.45	68.96	47.14	N.A	320.39	169.91	1.89	1.00	2.11

*Fuente: Elaboración propia.*

Finalmente se tiene un cuadro resumen con los volúmenes de cada muro calculado por los distintos métodos.

**Tabla 9**

*Cuadro resumen de volúmenes obtenidas del muro de 6.00 m*

Muro de 6.00 m			
Angulo de Talud	Isoaceleración (g)	Volumen(m3)	
		M.O	GLE
0°	0	4.33	4.33
	0.25	4.65	4.59
	0.35	4.79	4.75
	0.45	4.94	4.93
10°	0	4.64	4.64
	0.25	5.06	4.99
	0.35	5.26	5.15
	0.45	5.49	5.35
20°	0	5.08	5.08
	0.25	5.86	5.66
	0.35	7.54	6.19
	0.45	N.A	6.88

### 3.2 Muros de contención de 4.00 m.

Para este tipo de muro, se realizaron una serie de análisis, siendo estos:

- **Cálculo del empuje activo**

De la misma forma en la que se realizaron los análisis para el muro anterior, se plasmarán los resultados del análisis en un cuadro resumen para ambos métodos.

**Tabla 10**

*Cuadro resumen de fuerzas obtenidas del muro de 4.00 m*

Angulo de Talud	Isoaceleración (g)	Fuerzas (Ton)		Factor de seguridad
		M.O	GLE	
0°	0	5.01	4.99	1.001
	0.25	6.6	6.2	1.003
	0.35	7.4	7.07	1.000
	0.45	8.32	8.2	1.000
10°	0	6.63	6.6	1.001
	0.25	9.18	8.62	1.000
	0.35	10.61	9.77	1.001
	0.45	12.44	11.3	1.001
20°	0	9.36	9.31	1.002
	0.25	15.14	13.89	1.000
	0.35	23.09	16.38	1.000
	0.45	N.A	19.4	1.001

*Fuente: Elaboración propia*

- **Dimensionamiento final**

Se realizó el dimensionamiento del muro de 4 metros de la misma forma que se realizó para el muro anterior. Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 11**

*Dimensiones finales calculados por Mononobe-Okabe en el muro de 4 metros*

MURO DE 4.00 m (MO)												
Talud	Ángulo del Isoaceleración (g)	Altura (m)				total	Punta	Base (m)			largo (m)	volumen (m3)
		corona(m)	zapata	pantalla	Talón			pantalla	total			
0°	0.00	0.25	0.40	4.00	4.40	0.49	0.98	0.40	1.87	1.00	2.05	
	0.25	0.25	0.40	4.00	4.40	0.61	1.21	0.40	2.22	1.00	2.19	
	0.35	0.25	0.40	4.00	4.40	0.66	1.31	0.40	2.37	1.00	2.25	
	0.45	0.25	0.40	4.00	4.40	0.71	1.43	0.40	2.54	1.00	2.32	
10°	0.00	0.25	0.40	4.00	4.40	0.60	1.21	0.40	2.21	1.00	2.18	
	0.25	0.25	0.40	4.00	4.40	0.75	1.51	0.40	2.66	1.00	2.36	
	0.35	0.25	0.40	4.00	4.40	0.82	1.65	0.40	2.87	1.00	2.45	
20°	0.45	0.25	0.40	4.00	4.40	0.91	1.81	0.40	3.12	1.00	2.55	
	0.00	0.25	0.40	4.00	4.40	0.76	1.52	0.40	2.68	1.00	2.37	
	0.25	0.25	0.40	4.00	4.40	1.01	2.02	0.40	3.43	1.00	2.67	
	0.35	0.25	0.40	4.00	4.40	1.50	2.99	0.40	4.89	1.00	3.26	
	0.45	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 12**

*Cuadro de fuerzas y momentos estabilizantes y desestabilizantes calculadas por Mononobe-Okabe en el muro de 4 metros.*

MURO DE 4.00 m (MO)									
Angulo de Talud	Isoaceleración (g)	Fuerzas (Ton)			Momentos (Ton-m)		Factores de seguridad		Carga actuante (Kg/cm <sup>2</sup> )
		Verticales	Horizontales	Fricción	Estabilizante	Desestabilizante	Volteo	Deslizamiento	
0°	0.00	11.78	5.01	9.21	13.41	11.03	1.22	1.84	3.89
	0.25	13.74	7.25	10.82	18.69	15.51	1.21	1.49	3.95
	0.35	14.59	8.34	11.51	21.23	17.66	1.20	1.38	3.98
	0.45	15.55	9.57	12.29	24.30	20.10	1.21	1.28	3.84
10°	0.00	13.91	6.63	10.88	18.94	15.64	1.21	1.64	3.91
	0.25	16.57	9.89	13.01	27.35	22.65	1.21	1.32	3.90
	0.35	17.82	11.64	14.01	31.82	26.43	1.20	1.20	3.93
	0.45	19.32	13.81	15.20	37.60	31.16	1.21	1.10	3.86
20°	0.00	17.07	9.36	13.30	28.58	23.65	1.21	1.42	3.94
	0.25	21.85	15.95	17.02	47.33	39.30	1.20	1.07	3.96
	0.35	31.42	24.45	24.50	90.08	59.84	1.66	1.00	1.70
	0.45	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

*Fuente: Elaboración propia.*



**Tabla 13**

*Dimensiones finales calculados por GLE en el muro de 4 metros.*

MURO DE 4.00 m (GLE)											
Talud	Ángulo del Isoaceleración (g)	corona(m)	Altura (m)			Punta	Base (m)			largo (m)	volumen (m <sup>3</sup> )
			zapata	pantalla	total		Talón	pantalla	total		
0°	0.00	0.25	0.40	4.00	4.40	0.49	0.97	0.40	1.86	1.00	2.04
	0.25	0.25	0.40	4.00	4.40	0.59	1.17	0.40	2.16	1.00	2.16
	0.35	0.25	0.40	4.00	4.40	0.64	1.28	0.40	2.32	1.00	2.23
	0.45	0.25	0.40	4.00	4.40	0.71	1.41	0.40	2.52	1.00	2.31
10°	0.00	0.25	0.40	4.00	4.40	0.60	1.21	0.40	2.21	1.00	2.18
	0.25	0.25	0.40	4.00	4.40	0.73	1.45	0.40	2.58	1.00	2.33
	0.35	0.25	0.40	4.00	4.40	0.79	1.57	0.40	2.76	1.00	2.40
20°	0.45	0.25	0.40	4.00	4.40	0.86	1.72	0.40	2.98	1.00	2.49
	0.00	0.25	0.40	4.00	4.40	0.76	1.51	0.40	2.67	1.00	2.37
	0.25	0.25	0.40	4.00	4.40	0.96	1.93	0.40	3.29	1.00	2.62
	0.35	0.25	0.40	4.00	4.40	1.06	2.12	0.40	3.58	1.00	2.73
	0.45	0.25	0.40	4.00	4.40	1.27	2.55	0.40	4.22	1.00	2.99

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 14**

*Cuadro de fuerzas y momentos estabilizantes y desestabilizantes calculadas por GLE en el muro de 4 metros.*

MURO DE 4.00 m (GLE)									
Angulo de Talud	Isoaceleración (g)	Fuerzas (Ton)			Momentos (Ton-m)		Factores de seguridad		Carga actuante (Kg/cm <sup>2</sup> )
		Verticales	Horizontales	Fricción	Estabilizante	Desestabilizante	Volteo	Deslizamiento	
0°	0.00	11.72	4.99	9.17	13.27	10.58	1.21	1.84	4.00
	0.25	13.41	6.85	10.54	17.72	14.63	1.21	1.54	3.87
	0.35	14.31	8.01	11.28	20.37	16.94	1.20	1.41	3.99
	0.45	15.43	9.45	12.20	23.92	19.83	1.21	1.29	3.88
10°	0.00	13.91	6.60	10.88	18.94	15.57	1.22	1.65	3.83
	0.25	16.10	9.32	12.63	25.73	21.33	1.21	1.36	3.93
	0.35	17.17	10.78	13.49	29.43	24.45	1.20	1.25	3.95
	0.45	18.48	12.65	14.54	34.30	28.47	1.20	1.15	3.90
20°	0.00	17.01	9.31	13.25	28.36	23.54	1.20	1.42	4.00
	0.25	20.95	14.68	16.32	43.45	36.13	1.20	1.11	4.00
	0.35	22.83	17.53	17.78	51.70	42.84	1.21	1.01	3.92
	0.45	27.06	21.01	21.03	72.75	50.91	1.43	1.00	2.24

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 15**

*Cuadro resumen de volúmenes obtenidas del muro de 4.00 m*

Angulo de Talud	Isoaceleracion (g)	Fuerzas (Ton)		Factor de seguridad
		M.O	GLE	
0°	0.00	1.49	1.49	1.001
	0.25	1.96	1.84	0.999
	0.35	2.2	2.1	0.999
	0.45	2.48	2.44	1.000
10°	0.00	1.98	1.97	1.002
	0.25	2.74	2.57	1.001
	0.35	3.16	2.91	1.001
	0.45	3.71	3.36	1.000
20°	0.00	2.8	2.78	1.000
	0.25	4.53	4.17	1.000
	0.35	6.9	4.92	1.001
	0.45	N.A	5.81	1.001

### 3.3 Muros de contención de 2.00 m.

Para este tipo de muro, se realizaron una serie de análisis, siendo estos:

- **Cálculo del empuje activo**

Finalmente, se mostrará el cuadro resumen para todas las combinaciones de taludes e isoaceleraciones para el muro de contención de 2.00 m

**Tabla 16**

*Cuadro Resumen de fuerzas obtenidas del muro de 2.00m*

Angulo de Talud	MURO DE 4.00m		
	Isoaceleracion (g)	Volumen (m3)	
		M.O	GLE
0°	0	2.05	2.04
	0.25	2.19	2.16
	0.35	2.25	2.23
	0.45	2.32	2.31
	0.00	2.18	2.18
10°	0.25	2.36	2.33
	0.35	2.45	2.4
	0.45	2.55	2.49
	0.00	2.37	2.37
20°	0.25	2.67	2.62
	0.35	3.26	2.73
	0.45	N.A	2.99

*Fuente: Elaboración propia*

- **Dimensionamiento final**

Finalmente se realizó el dimensionamiento del muro de dos metros obteniendo los resultados mostrados a continuación:

**Tabla 17**

*Dimensiones finales calculados por Mononobe-Okabe en el muro de 2 metros.*

MURO DE 2.00 m (MO)												
Talud	Ángulo del Isoaceleración (g)	Altura (m)				total	Punta	Base (m)			largo (m)	volumen (m3)
		corona(m)	zapata	pantalla	total			Talón	pantalla	total		
0°	0.00	0.25	0.40	2.00	2.40	0.19	0.38	0.40	0.97	1.00	1.04	
	0.25	0.25	0.40	2.00	2.40	0.27	0.53	0.40	1.20	1.00	1.13	
	0.35	0.25	0.40	2.00	2.40	0.30	0.59	0.40	1.29	1.00	1.17	
	0.45	0.25	0.40	2.00	2.40	0.33	0.66	0.40	1.39	1.00	1.21	
10°	0.00	0.25	0.40	2.00	2.40	0.26	0.51	0.40	1.17	1.00	1.12	
	0.25	0.25	0.40	2.00	2.40	0.35	0.69	0.40	1.44	1.00	1.23	
	0.35	0.25	0.40	2.00	2.40	0.39	0.77	0.40	1.56	1.00	1.27	
20°	0.45	0.25	0.40	2.00	2.40	0.43	0.87	0.40	1.70	1.00	1.33	
	0.00	0.25	0.40	2.00	2.40	0.34	0.69	0.40	1.43	1.00	1.22	
	0.25	0.25	0.40	2.00	2.40	0.49	0.97	0.40	1.86	1.00	1.39	
	0.35	0.25	0.40	2.00	2.40	0.63	1.25	0.40	2.28	1.00	1.56	
	0.45	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 18**

*Cuadro de fuerzas y momentos estabilizantes y desestabilizantes calculadas por Mononobe-Okabe en el muro de 2 metros.*

MURO DE 2.00 m (MO)									
Angulo de Talud	Isoaceleración (g)	Fuerzas (Ton)			Momentos (Ton-m)		Factores de seguridad		Carga actuante (Kg/cm <sup>2</sup> )
		Verticales	Horizontales	Fricción	Estabilizante	Desestabilizante	Volteo	Deslizamiento	
0°	0.00	3.82	3.64	3.64	2.15	1.79	1.20	2.44	2.70
	0.25	4.58	2.30	4.43	3.22	2.66	1.21	1.93	2.51
	0.35	4.88	2.69	4.74	3.69	3.07	1.20	1.76	2.54
	0.45	5.20	3.13	5.09	4.26	3.52	1.21	1.63	2.46
10°	0.00	4.52	1.98	4.35	3.11	2.55	1.22	2.20	2.43
	0.25	5.44	3.11	5.29	4.64	3.84	1.21	1.70	2.44
	0.35	5.86	3.70	5.72	5.43	4.51	1.20	1.55	2.48
	0.45	6.34	4.43	6.21	6.44	5.34	1.20	1.40	2.45
20°	0.00	5.29	2.80	5.30	4.68	3.87	1.21	1.89	2.48
	0.25	7.06	4.95	6.85	7.93	6.57	1.21	1.39	2.45
	0.35	8.64	7.56	8.39	12.02	10.00	1.20	1.11	2.46
	0.45	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 19**

*Dimensiones finales calculados por GLE en el muro de 2 metros*

MURO DE 2.00 m (GLE)												
Talud	Ángulo del Isoaceler ación (g)	Altura (m)				total	Punta	Base (m)			largo (m)	volumen (m3)
		corona(m)	zapata	pantalla	Talón			pantalla	total			
0°	0.00	0.25	0.40	2.00	2.40	0.19	0.38	0.40	0.97	1.00	1.04	
	0.25	0.25	0.40	2.00	2.40	0.25	0.51	0.40	1.16	1.00	1.11	
	0.35	0.25	0.40	2.00	2.40	0.29	0.58	0.40	1.27	1.00	1.16	
	0.45	0.25	0.40	2.00	2.40	0.33	0.65	0.40	1.38	1.00	1.20	
10°	0.00	0.25	0.40	2.00	2.40	0.25	0.51	0.40	1.16	1.00	1.11	
	0.25	0.25	0.40	2.00	2.40	0.33	0.67	0.40	1.40	1.00	1.21	
	0.35	0.25	0.40	2.00	2.40	0.37	0.73	0.40	1.50	1.00	1.25	
20°	0.45	0.25	0.40	2.00	2.40	0.41	0.82	0.40	1.63	1.00	1.30	
	0.00	0.25	0.40	2.00	2.40	0.34	0.69	0.40	1.43	1.00	1.22	
	0.25	0.25	0.40	2.00	2.40	0.46	0.93	0.40	1.79	1.00	1.37	
	0.35	0.25	0.40	2.00	2.40	0.52	1.03	0.40	1.95	1.00	1.43	
	0.45	0.25	0.40	2.00	2.40	0.57	1.15	0.40	2.12	1.00	1.50	

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 20**

*Cuadro de fuerzas y momentos estabilizantes y desestabilizantes calculadas por Mononobe-Okabe en el muro de 2 metros*

MURO DE 2.00 m (GLE)									
Angulo de Talud	Isoaceleración (g)	Fuerzas (Ton)			Momentos (Ton-m)		Factores de seguridad		Carga actuante (Kg/cm <sup>2</sup> )
		Verticales	Horizontales	Fricción	Estabilizante	Desestabilizante	Volteo	Deslizamiento	
0°	0.00	3.82	1.49	3.64	2.15	1.79	1.20	2.44	2.70
	0.25	4.45	2.17	4.30	3.02	2.51	1.20	1.98	2.61
	0.35	4.81	2.59	4.67	3.58	2.95	1.22	1.81	2.42
	0.45	5.17	3.09	5.05	4.20	3.48	1.21	1.64	2.48
10°	0.00	4.49	1.97	4.32	3.06	2.54	1.20	2.19	2.59
	0.25	5.31	2.93	5.15	4.40	3.62	1.22	1.76	2.41
	0.35	5.65	3.44	5.50	5.03	4.18	1.20	1.60	2.50
	0.45	6.10	4.06	5.96	5.92	4.89	1.21	1.47	2.40
20°	0.00	5.49	2.78	5.30	4.68	3.84	1.22	1.91	2.41
	0.25	6.79	4.58	6.59	7.33	6.08	1.21	1.44	2.45
	0.35	7.39	5.52	7.18	8.73	7.25	1.20	1.30	2.46
	0.45	8.03	6.62	7.80	10.35	8.61	1.20	1.18	2.47

*Fuente: Elaboración propia.*



**Tabla 21**

*Cuadro resumen de volúmenes obtenidas del muro de 2.00m*

Angulo de Talud	MURO DE 2.00m		
	Isoaceleracion (g)	Volumen (m3)	
		M.O	GLE
0°	0	1.04	1.04
	0.25	1.13	1.11
	0.35	1.17	1.16
	0.45	1.21	1.2
10°	0	1.12	1.11
	0.25	1.23	1.21
	0.35	1.27	1.25
	0.45	1.33	1.3
20°	0	1.22	1.22
	0.25	1.39	1.37
	0.35	1.56	1.43
	0.45	N.A	1.5

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.4 Estadística de encuestas

Prosiguiendo, se mostrará la **estadística** correspondiente a la encuesta realizada a los 20 ingenieros civiles expertos en muros de contención.

#### Confiabilidad del instrumento

A través del programa estadístico SPSS V.25, se midió la confiabilidad del instrumento de medida (cuestionario) y se calculó el alfa de Cronbach resultando 0.845 la cual nos indica que la confiabilidad de nuestro instrumento es buena (ver fig. 4 del cap. 2.3.5).

**Tabla 22**

*Estadísticas de fiabilidad*

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,845	16

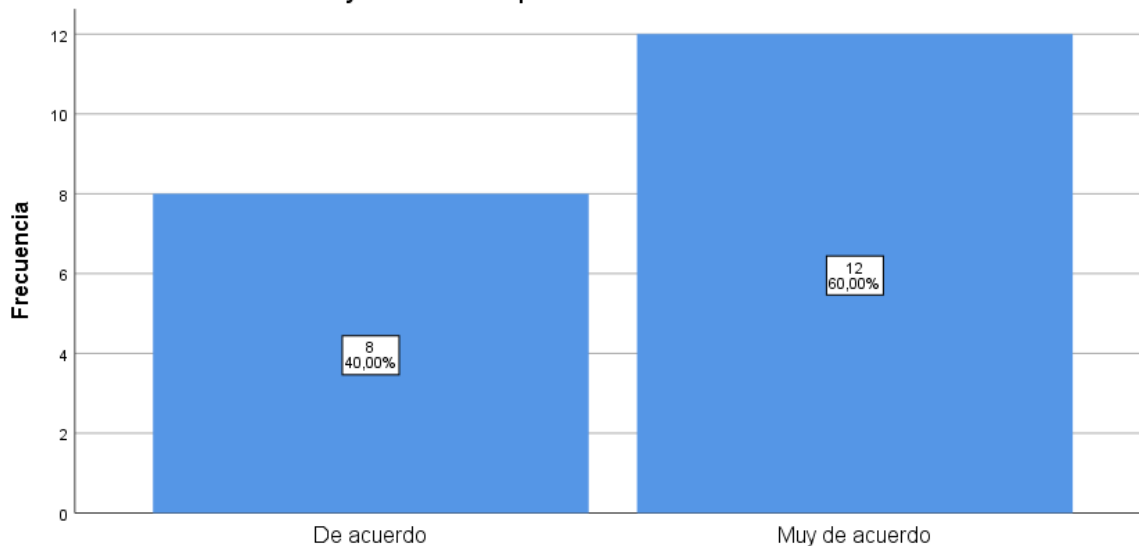
### 3.5 Estadística descriptiva del Instrumento

#### 3.5.1 Variable Independiente: Manual de Control y Criterios de Comportamientos

**DIMENSIÓN 1:** Control.

##### 1. Comportamiento mecánico.

1.1 ¿Considera usted que el comportamiento mecánico depende de haber realizado un pertinente control en fábrica y en obra de los parámetros relacionados al muro?



*Figura 10: ¿Considera usted que el comportamiento mecánico depende de haber realizado un pertinente control en fábrica y en obra de los parámetros relaciones al muro?*

1.2. ¿Considera usted que podrá omitirse en control en obra de ciertos parámetros siempre que exista un certificado de calidad?

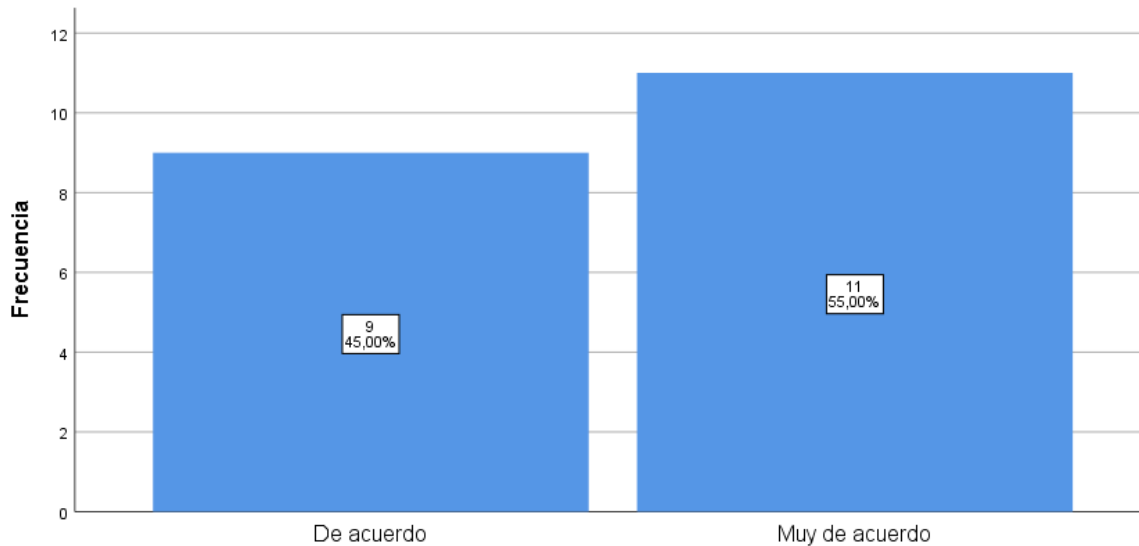


Figura 11: ¿Considera usted que podrá omitirse en control en obra de ciertos parámetros siempre que exista un certificado de calidad?

## 2. Durabilidad

2.1. ¿Considera usted importante determinar los parámetros físico - químico - biológico de relleno a fin de estimar la durabilidad del muro?

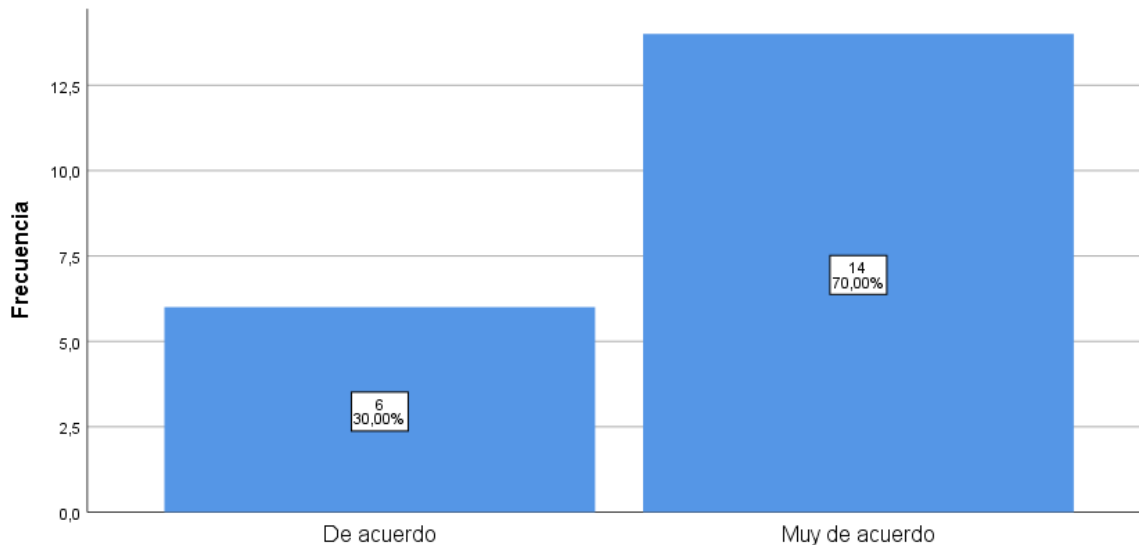


Figura 12 : ¿ Considera usted importante determinar los parámetros físico – químico – biológico de relleno a fin de estimar de durabilidad del muro ?

2.2. ¿Cree usted que identificando pertinentemente un relleno bueno de uno marginal permitiría tomar las medidas adecuadas de control de los elementos metálicos en fábrica?

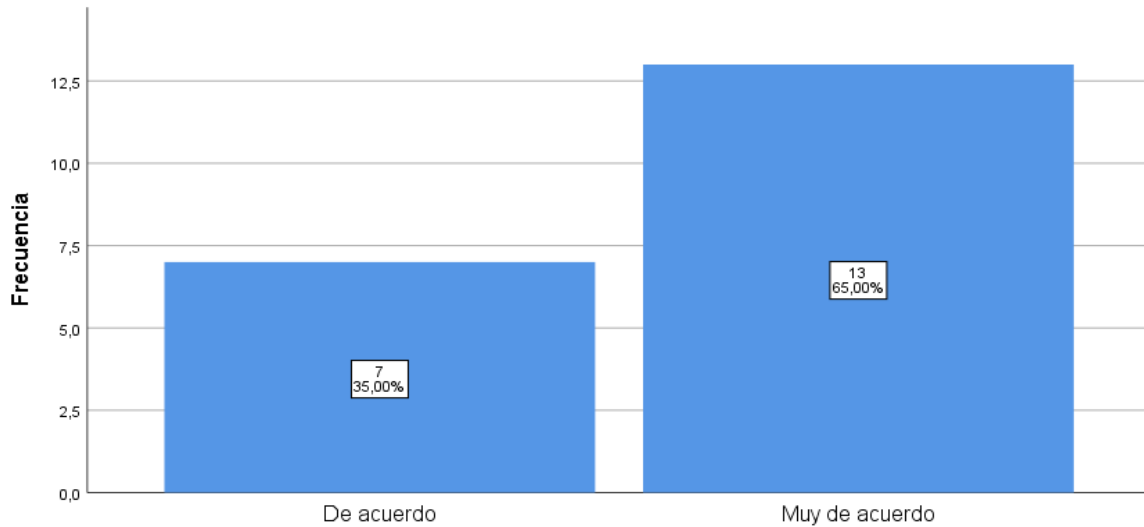


Figura 13 : ¿Cree usted que identificando pertinentemente un relleno bueno de uno marginal permitiría tomar las medidas adecuadas de control de los elementos metálicos en fábrica?

## DIMENSIÓN 2: Importancia Funcional

### 3. Normal.

3.1. ¿Considera usted que en una obra con importancia estructural normal puede prescindirse del control de algunos parámetros siempre que el relleno encaje en la clasificación de bueno?

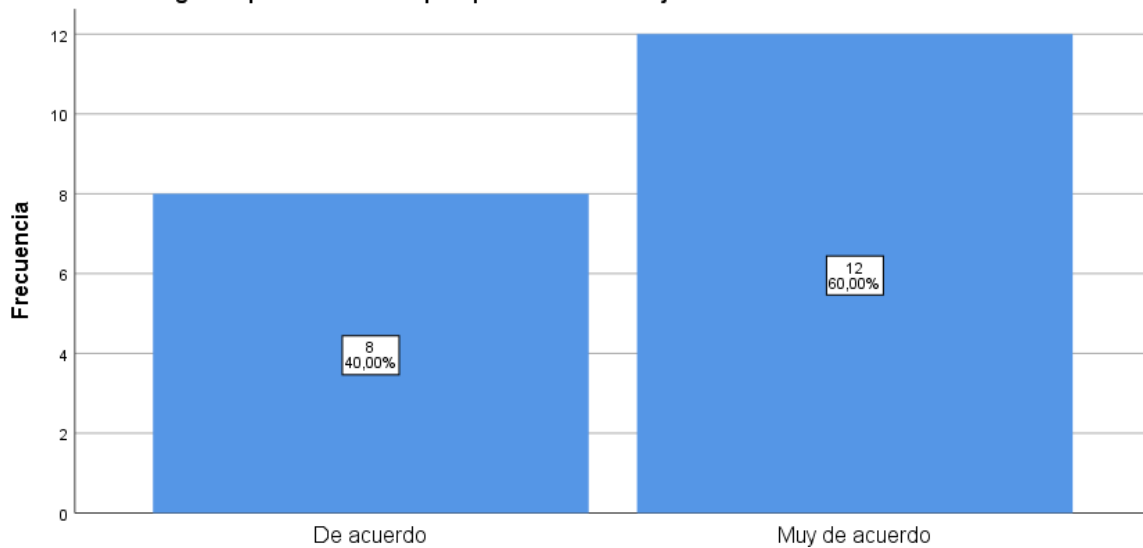


Figura 14 : ¿ Considera usted que en una obra con importancia estructural normal puede prescindirse de control de algunos parámetros siempre que el relleno encaje en la clasificación de bueno?

3.2.¿Considera usted acertado omitir el control en obra de algunos parámetros por tratarse de una obra con importancia funcional normal?

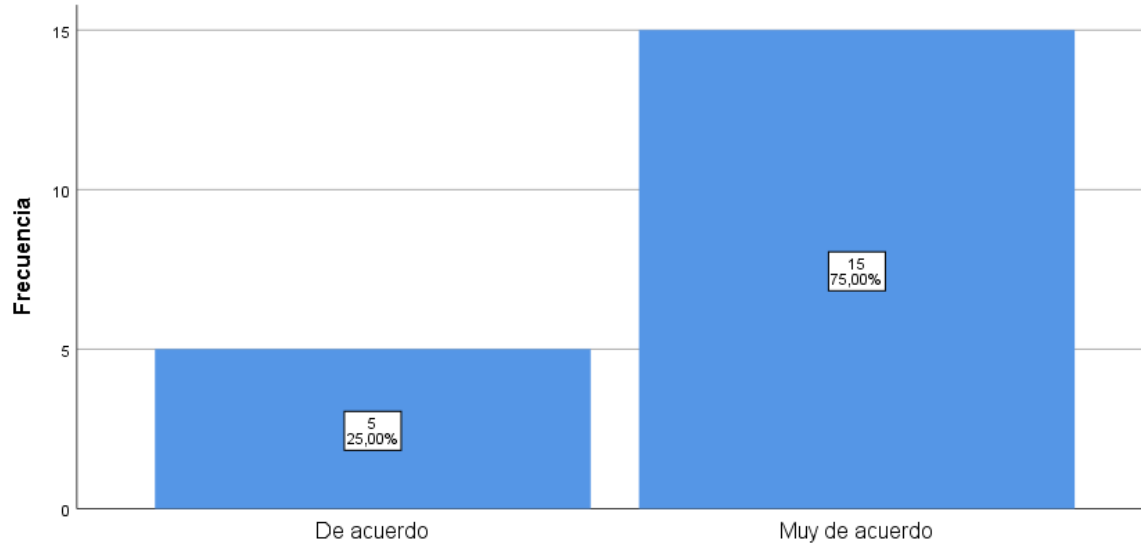
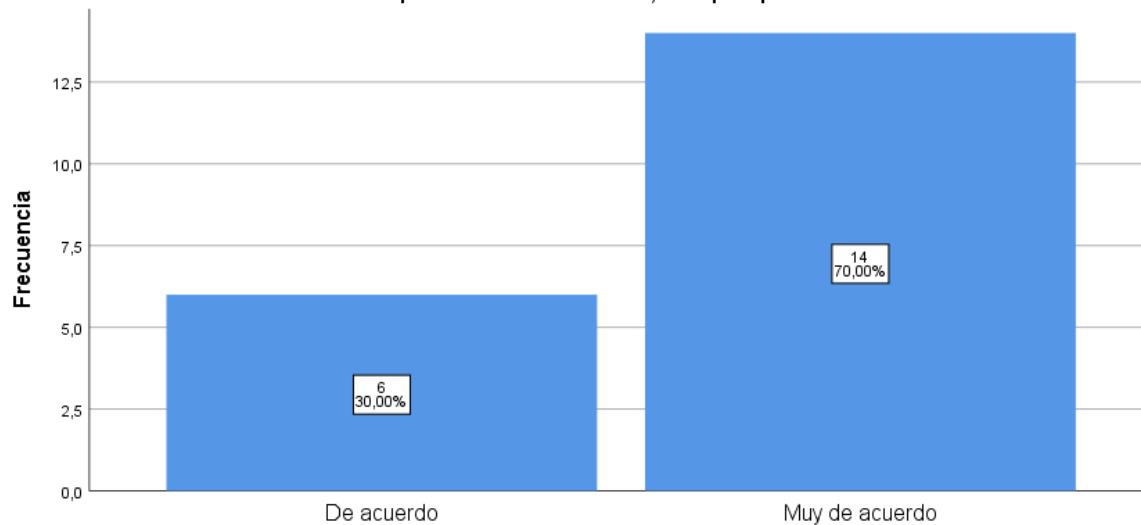


Figura 15: ¿Considera usted acertado omitir el control en obra de algunos parámetros por tratarse de una obra con importancia funcional normal?

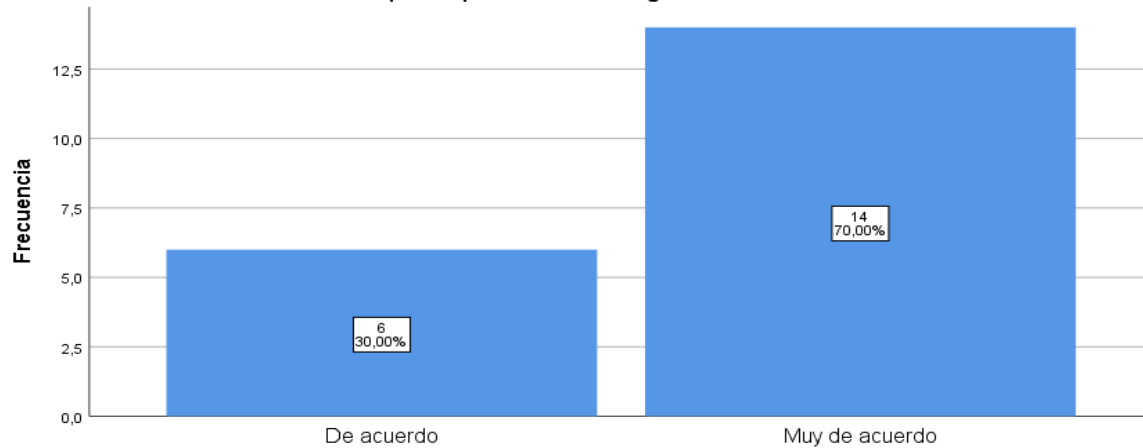
#### 4. Critica.

4.1 ¿Cree usted que en una obra de importancia funcional critica el control en obra abarcaría principalmente solo medidas no destructivas del espesor del recubrimiento, siempre que existan certificados de calidad?



*Figura 16: ¿Cree usted que en una obra de importancia funcional crítica el control en obra abarcaría principalmente solo medidas no destructivas del espesor del recubrimiento, siempre que existan certificados de calidad?*

**4.2 ¿Considera usted que las consecuencias que ocasiona la falla de una obra de importancia funcional crítica siempre se podría evitar realizando un juicioso análisis por encima de los estándares del pliego de prescripciones técnicas generales?**



*Figura 17 : ¿Considera usted que las consecuencias que ocasiona la falla de una obra de importancia funcional crítica siempre se podría evitar realizando un juicioso análisis por encima de los estándares del pliego de prescripciones técnicas generales?*

### 3.6.2 Variable Dependiente: Muros de contención a base de tierra armada

#### DIMENSIÓN 3: Estabilidad

#### 5. Estado límite de servicio.

5.1. ¿Considera importante comprobar los estados límites de servicio del muro a fin de estimar, controlar y darle solución a las deformaciones excesivas?

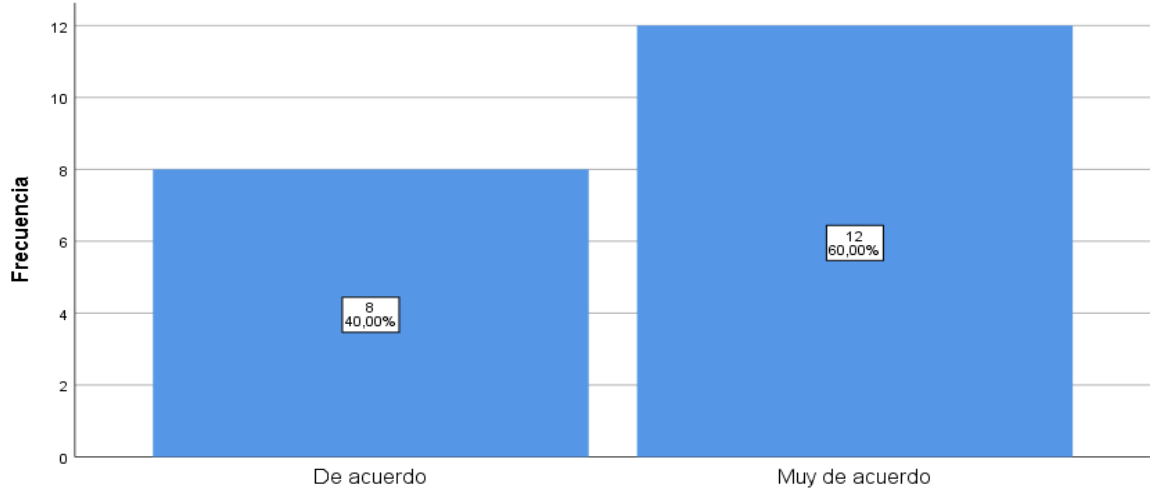


Figura 18: ¿Considera importante comprobar los estados límites de servicio del muro a fin de estimar, controlar y darle solución a las deformaciones excesivas?

5.2. ¿Cree usted que el estado límite de servicio de fisuración es dimensionante cuando se ejecutan pantallas de contención y el terreno es agresivo?

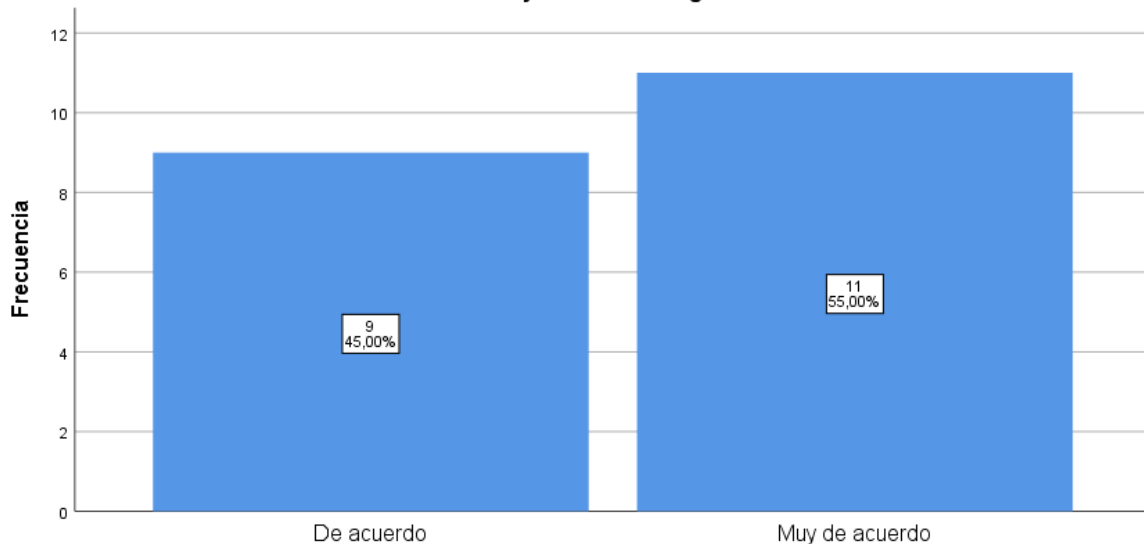


Figura 19: ¿Cree usted que el estado límite de servicio de fisuración es dimensionante cuando se ejecutan pantallas de contención y el terreno es agresivo?

## 6. Estado de volcamiento y deslizamiento.

6.1. ¿Cree usted que la falla por deslizamiento o volcadura se debe a un deficiente análisis de la estabilidad interna para definir la longitud de las tiras de refuerzo y separación horizontal y vertical?

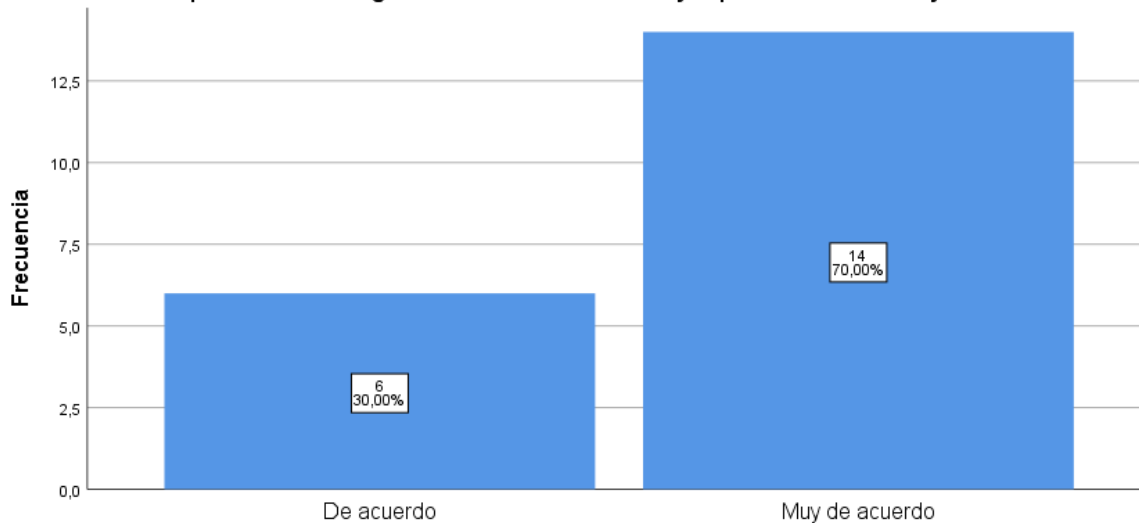


Figura 20: ¿Cree usted que la falla por deslizamiento o volcadura se debe a un deficiente análisis de la estabilidad interna para definir la longitud de las tiras de refuerzo y separación horizontal y vertical?

6.2. ¿Considera usted que estado de volcamiento y deslizamiento se debe a un deficiente análisis de riesgo de corrosión en el caso de tiras metálicas?

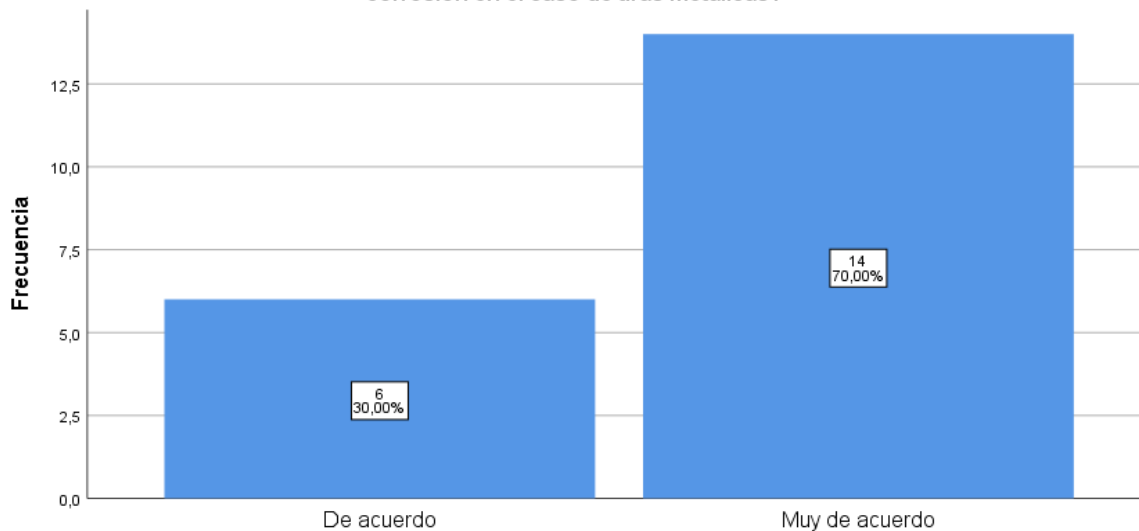


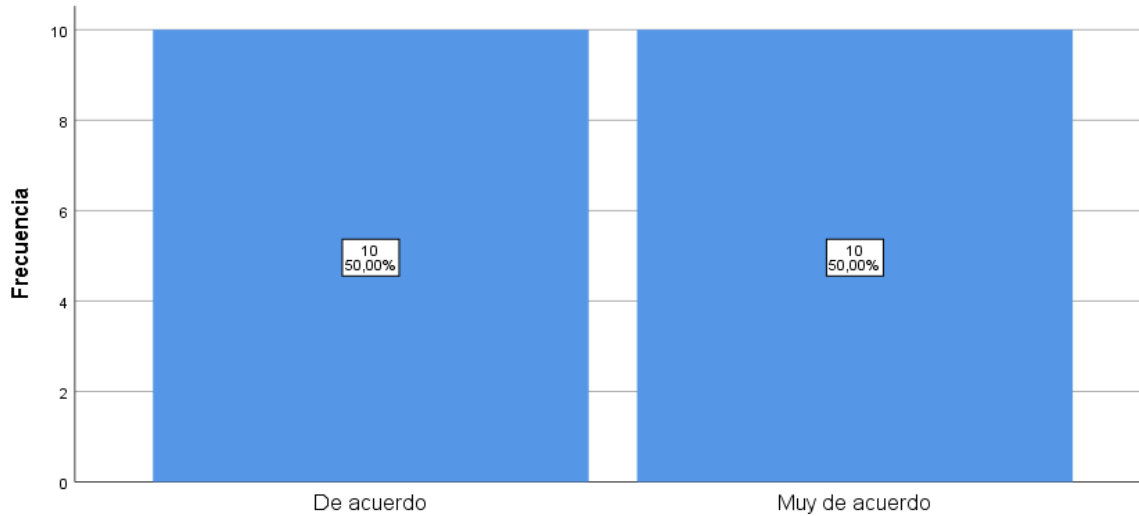
Figura 21: ¿Considera usted que estado de volcamiento y deslizamiento se debe a un deficiente análisis de riesgo e corrosión en el caso de tiras metálicas?



**DIMENSIÓN 4: Resistencia a corte y flexión**

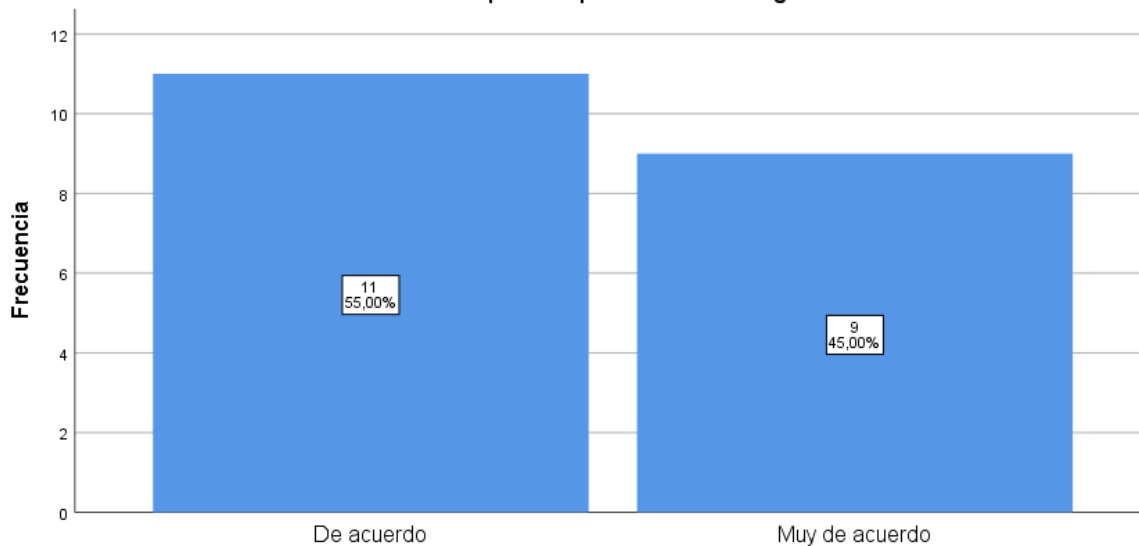
**7. Verificación de los esfuerzos al corte.**

**7.1. ¿Considera usted que un adecuado cálculo de concreto para muros estructurales aseguraría la resistencia al corte?**



*Figura 22: ¿Considera usted que un adecuado cálculo de concreto para muros estructurales aseguraría la resistencia al corte?*

**7.2. ¿Considera necesario diseñar el muro por capacidad de tal forma de considerar el efecto de sobrerresistencia respaldado por nuevas investigaciones?**



*Figura 23: ¿Considera necesario diseñar el muro por capacidad de tal forma de considerar al efecto de sobre resistencia respaldado por nuevas investigaciones?*

## 8. Verificación de los esfuerzos a flexión

8.1. ¿Cree usted que un adecuado cálculo del espesor del muro aseguraría la resistencia a la flexión?

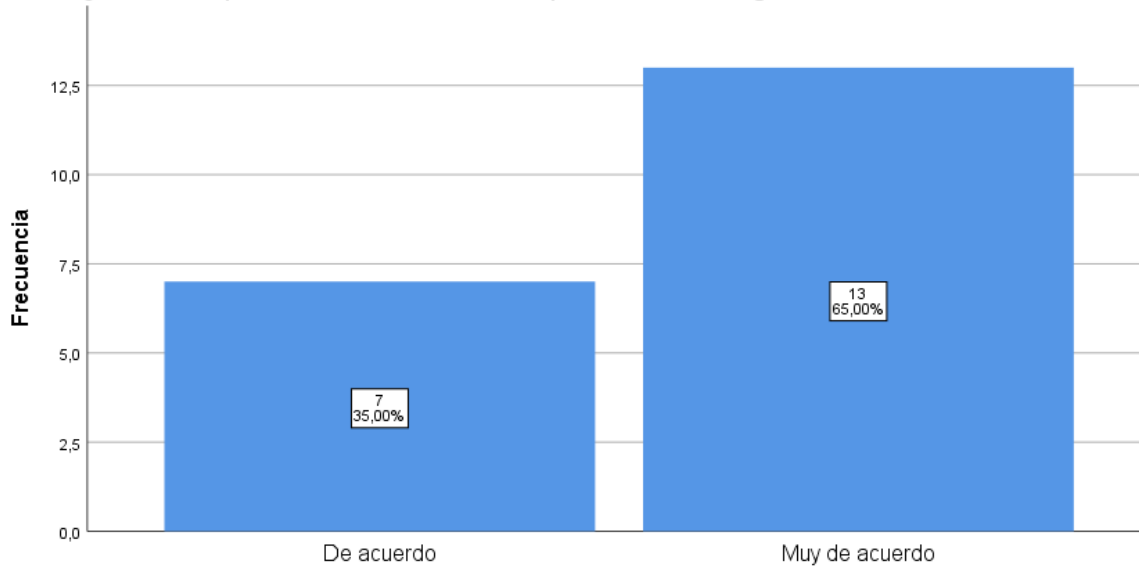


Figura 24: ¿Cree usted que un adecuado cálculo del espesor del muro aseguraría la resistencia a la flexión?

8.2. ¿Considera que una deficiente verificación de los esfuerzos al corte necesariamente conllevaría a falla del muro por flexión?

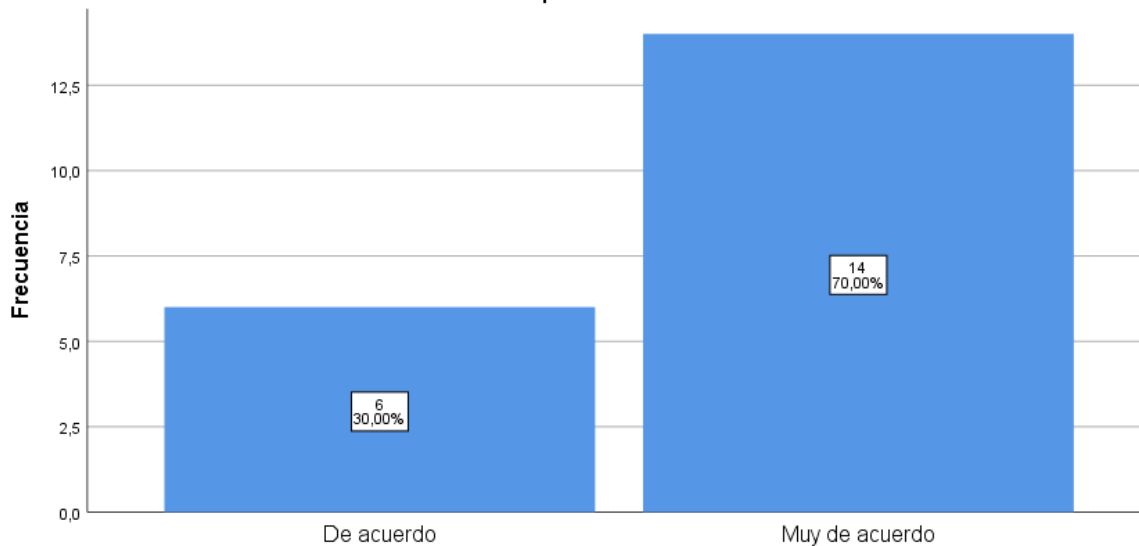


Figura 25: Considera que una deficiente verificación de los esfuerzos al corte necesariamente conllevaría a falla del muro por flexión?

### **3.6 Inferencia Estadística**

Los resultados en el presente capítulo se fundamentan en el orden de los objetivos e hipótesis como se detalla a continuación.

#### **3.7.1 Objetivo específico 1.**

Identificar los controles de calidad de los materiales prefabricados, de las características del relleno y de la ejecución de la obra

#### **Hipótesis específica 1 o hipótesis del investigador**

Identificar los controles de calidad de los materiales prefabricados mejora las características del relleno y de la ejecución de la obra.

Para probar esta hipótesis, determinaremos la influencia y el grado de influencia que existe entre la variable dimensión 1 (Control) sobre la variable dependiente (Muros estructurales de contención basados en muros de tierra armada) a través de la prueba de hipótesis estadísticas y teniendo como instrumento de medida el cuestionario.

#### **Planteamiento de las pruebas de hipótesis estadísticas:**

##### **Hipótesis Nula $H_0$ :**

No existe una influencia directa y positiva entre los controles de calidad y las características del relleno y de la ejecución de la obra.

##### **Hipótesis Alterna $H_a$ :**

Si existe una influencia directa y positiva entre los controles de calidad y las características del relleno y de la ejecución de la obra.

### Consideraciones de la prueba:

Para determinar si existe una influencia entre las dos variables, se utilizará la prueba no paramétrica de Chi Cuadrado de Pearson, debido a que las variables son categóricas ordinales en la escala de Likert, también se realizará el análisis de correlación de Rho de Spearman (ver tabla 23) para medir la dirección y el grado de la fuerza de la relación.

### Tabla 23

*Grado de relación según el coeficiente de correlación de Rho de Spearman*

RANGO	RELACIÓN
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.10	Correlación negativa débil
0	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.91 a +1.00	Correlación positiva perfecta

*Fuente: Elaboración propia*

### Decisión:

Para aceptar o rechazar la hipótesis nula, se comparará el grado de significancia p resultado de la prueba Chi Cuadrado y el nivel de significancia  $\alpha=0.05$  asumido como un

riesgo del 5% de concluir que existe una relación entre las variables cuando no hay una relación real.

Por lo tanto,

Si  $p < 0.05$  entonces se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$ .

Si  $p > 0.05$  entonces no se rechaza  $H_0$ .

### Resultados de la prueba Chi-Cuadrado de Pearson:

Se procedió a realizar el cálculo de la prueba Chi Cuadrado de Pearson a través de las tablas cruzadas o de contingencia en el programa estadístico SPSS v.25

## CONTROL \* MUROS DE CONTENCIÓN A BASE DE TIERRA ARMADA

**Tabla 24**

*Tabla cruzada*

Recuento		MUROS DE CONTENCIÓN A BASE DE TIERRA ARMADA			Total
		BAJO	MEDIO	ALTO	
CONTROL	BAJO	2	3	0	5
	MEDIO	0	4	0	4
	ALTO	1	1	9	11
Total		3	8	9	20

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla cruzada de las dos variables notamos que hay mayores incidencias entre los niveles iguales y sólo una incidencia entre los niveles más opuestos, lo que nos indica que existe una relación entre ambas variables.

## Tabla 25

### *Pruebas de chi cuadrado*

<b>Pruebas de chi-cuadrado</b>			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	17,030 <sup>a</sup>	4	,002
Razón de verosimilitud	20,483	4	,000
Asociación lineal por lineal	8,820	1	,003
N de casos válidos	20		

a. 9 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,60.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 26**

*Medidas simétricas*

		Medidas simétricas			
		Valor	Error estándar asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Intervalo por intervalo	R de Pearson	,681	,165	3,949	,001 <sup>c</sup>
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	<b>,730</b>	,156	4,537	,000 <sup>c</sup>
N de casos válidos		20			

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.

*Fuente: Elaboración propia*

- De los resultados de la prueba chi cuadrado de Pearson vemos que el p valor sig = 0.002 y es menor al nivel de significancia de 0.05 (  $0.002 < 0.05$  ) por tanto, rechazamos la hipótesis nula  $H_0$  y aceptamos la hipótesis del investigador  $H_a$ .
- De los resultados de las correlaciones de la prueba de Rho de Spearman, vemos que el coeficiente de correlación es igual a +0.730 la cual indica que el grado de la relación de las dos variables es positiva considerable.

**Conclusión:**

De los resultados obtenidos de la prueba Chi cuadrado y Rho de Spearman, podemos concluir estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que, si existe una influencia

directa y significativamente positiva considerable entre las dos variables, esto es, el identificar los controles de calidad de los materiales prefabricados mejora de forma significativa las características de relleno y de la ejecución de la obra.

### **3.7.2 Objetivo específico 2.**

Estudiar las causas en el comportamiento deficiente y la inestabilidad de la obra basados en su estética.

Hipótesis específica 2 o hipótesis del investigador

Estudiar las causas en el comportamiento deficiente ayudará a encontrar la inestabilidad de la obra basados en su estética.

Para probar esta hipótesis, determinaremos la influencia y el grado de influencia que existe entre la variable Independiente (Manual de control y criterios de comportamiento) sobre la variable dimensión 3 (Estabilidad) a través de la prueba de hipótesis estadísticas y teniendo como instrumento de medida el cuestionario.

#### **Planteamiento de las pruebas de hipótesis estadísticas:**

**Hipótesis Nula Ho:** No existe una influencia directa y positiva entre el manual de control y criterios de comportamiento y la estabilidad.

**Hipótesis Alterna Ha:** Si existe una influencia directa y positiva entre el manual de control y criterios de comportamiento y la estabilidad.

#### **Consideraciones de la prueba:**



Para determinar si existe una influencia entre las dos variables, se utilizará la prueba no paramétrica de Chi Cuadrado de Pearson, debido a que las variables son categóricas ordinales en la escala de Likert, también se realizará el análisis de correlación de Rho de Spearman (ver tabla 27) para medir la dirección y el grado de la fuerza de la relación.

**Decisión:**

Para aceptar o rechazar la hipótesis nula, se comparará el grado de significancia  $p$  resultado de la prueba Chi Cuadrado y el nivel de significancia  $\alpha=0.05$  asumido como un riesgo del 5% de concluir que existe una relación entre las variables cuando no hay una relación real.

Por lo tanto,

Si  $p < 0.05$  entonces se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$ .

Si  $p > 0.05$  entonces no se rechaza  $H_0$ .

**Resultados de la prueba Chi-Cuadrado de Pearson:**

Se procedió a realizar el cálculo de la prueba Chi Cuadrado de Pearson a través de las tablas cruzadas o de contingencia en el programa estadístico SPSS v.25

## MANUAL DE CONTROL Y CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO\*ESTABILIDAD

**Tabla 27**

*Tabla cruzada*

Recuento		ESTABILIDAD			Total
		BAJO	MEDIO	ALTO	
MANUAL DE CONTROL Y	BAJO	2	1	1	4
CRITERIOS DE	MEDIO	1	3	1	5
COMPORTAMIENTO	ALTO	2	0	9	11
Total		5	4	11	20

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla cruzada de las dos variables notamos que hay mayores incidencias entre los niveles iguales y sólo tres incidencias entre los niveles más opuestos, lo que nos indica que existe una relación entre ambas variables.

**Tabla 28**

*Pruebas de chi-cuadrado*

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	10,711 <sup>a</sup>	4	0,30
Razón de verosimilitud	11,639	4	,020
Asociación lineal por lineal	3,711	1	,054
N de casos válidos	20		

a. 8 casillas (88,9%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,80.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 29**

*Medias simétricas*

		Medidas simétricas			
		Valor	Error estándar asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Intervalo por intervalo	R de Pearson	,442	,214	2,090	,051 <sup>c</sup>
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,490	,209	2,387	,028 <sup>c</sup>
N de casos válidos		20			

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.

*Fuente: Elaboración propia*

- De los resultados de la prueba chi cuadrado de Pearson vemos que el p valor sig = 0.03 y es menor al nivel de significancia de 0.05 (  $0.03 < 0.05$  ) por tanto, rechazamos la hipótesis nula  $H_0$  y aceptamos la hipótesis del investigador  $H_a$ .
- De los resultados de las correlaciones de la prueba de Rho de Spearman, vemos que el coeficiente de correlación es igual a +0.490 la cual indica que el grado de la relación de las dos variables es positiva media.

### **Conclusión:**

De los resultados obtenidos de la prueba Chi cuadrado y Rho de Spearman, podemos concluir estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que, si existe una influencia directa y significativamente positiva media entre las dos variables, esto es, al estudiar las causas en el comportamiento deficiente ayudará de forma significativa a encontrar la inestabilidad de la obra basados en su estética.

### **3.7.3 Objetivo específico 3.**

Establecer criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los muros de tierra armada dependiendo de la disfuncionalidad y de la avería.

Hipótesis específica 3 o hipótesis del investigador

Los criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los muros de tierra armada dependen de la disfuncionalidad y de la avería.

Para probar esta hipótesis, determinaremos la influencia y el grado de influencia que existe entre la variable dimensión 2 (Importancia funcional) sobre la variable dependiente (Muros estructurales de contención basados en muros de tierra armada) a través de la prueba de hipótesis estadísticas y teniendo como instrumento de medida el cuestionario.

### **Planteamiento de las pruebas de hipótesis estadísticas:**

**Hipótesis Nula Ho:** No existe una influencia directa y positiva entre la importancia funcional y los muros estructurales de contención basados en muros de tierra armada.

**Hipótesis Alterna Ha:** Si existe una influencia directa y positiva entre la importancia funcional y los muros estructurales de contención basados en muros de tierra armada.

### **Consideraciones de la prueba:**

Para determinar si existe una influencia entre las dos variables, se utilizará la prueba no paramétrica de Chi Cuadrado de Pearson, debido a que las variables son categóricas ordinales en la escala de Likert, también se realizará el análisis de correlación de Rho de Spearman (ver tabla 30) para medir la dirección y el grado de la fuerza de la relación.

### **Decisión:**

Para aceptar o rechazar la hipótesis nula, se comparará el grado de significancia p resultado de la prueba Chi Cuadrado y el nivel de significancia  $\alpha=0.05$  asumido como un riesgo del 5% de concluir que existe una relación entre las variables cuando no hay una relación real.

Por lo tanto,

Si  $p < 0.05$  entonces se rechaza Ho y se acepta Ha.

Si  $p > 0.05$  entonces no se rechaza  $H_0$ .

### Resultados de la prueba Chi-Cuadrado de Pearson:

Se procedió a realizar el cálculo de la prueba Chi Cuadrado de Pearson a través de las tablas cruzadas o de contingencia en el programa estadístico SPSS v.25

## IMPORTANCIA FUNCIONAL \* MUROS ESTRUCTURALES DE CONTENCIÓN BASADOS EN MUROS DE TIERRA ARMADA

**Tabla 30**

*Tabla cruzada*

		Tabla cruzada			
Recuento		MUROS ESTRUCTURALES DE CONTENCIÓN BASADOS EN MUROS DE TIERRA ARMADA			
		BAJO	MEDIO	ALTO	Total
IMPORTANCIA FUNCIONAL	BAJO	2	2	1	5
	MEDIO	0	6	1	7
	ALTO	1	0	7	8
Total		3	8	9	20

*Fuente : Elaboración propia*

En la tabla cruzada de las dos variables notamos que hay mayores incidencias entre los niveles iguales y sólo tres incidencias entre los niveles más opuestos, lo que nos indica que existe una relación entre ambas variables.

**Tabla 31**

*Pruebas de chi-cuadrado*

<b>Pruebas de chi-cuadrado</b>			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	15,397 <sup>a</sup>	4	<b>,004</b>
Razón de verosimilitud	18,097	4	,001
Asociación lineal por lineal	5,523	1	,019
N de casos válidos	20		

a. 9 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,75.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 32**

*Medidas simétricas*

<b>Medidas simétricas</b>					
		Valor	Error estándar asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Intervalo por intervalo	R de Pearson	,539	,222	2,716	,014 <sup>c</sup>
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	<b>,576</b>	,212	2,990	,008 <sup>c</sup>
N de casos válidos		20			

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.

*Fuente: Elaboración propia*

- De los resultados de la prueba chi cuadrado de Pearson vemos que el p valor sig = 0.004 y es menor al nivel de significancia de 0.05 (  $0.004 < 0.05$  ) por tanto, rechazamos la hipótesis nula  $H_0$  y aceptamos la hipótesis del investigador  $H_a$ .
- De los resultados de las correlaciones de la prueba de Rho de Spearman, vemos que el coeficiente de correlación es igual a +0.576 la cual indica que el grado de la relación de las dos variables es positiva considerable.

### **Conclusión:**

De los resultados obtenidos de la prueba Chi cuadrado y Rho de Spearman, podemos concluir estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que, si existe una influencia directa y significativamente positiva considerable entre las dos variables, esto es, los criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los muros de tierra armada dependen de manera significativa de la disfuncionalidad y de la avería.

Como fruto de lo antes expuesto, se muestra el manual de control de calidad según el título referenciado.

La tierra armada está formada por la combinación de elementos lineales y un suelo granular que no presenta cohesión alguna. El sistema de tierra armada cuenta con tres elementos principales que son:

1. Las escamas o paramentos.
2. Las tiras de refuerzo o armaduras.
3. El material granular ocupado para relleno.



En muros típicos de tierra armada, las tiras de refuerzo presentan una longitud de entre 0.7 y 0.8 veces la altura del muro. Así el espaciamiento de las tiras será en forma horizontal de 1m y en forma vertical de 0.75 m. Como se mostrará en el siguiente esquema. (Ostos Ramos R. 2004, pag 17).

### **CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE TIERRA ARMADA:**

Las obras de tierra armada se clasifican:

#### **a) Según su duración prevista de servicio:**

- **Provisionales:** Duración hasta 5 años.
- **Definitivas:** Duración igual que la obra general de la que forman parte.

#### **b) Según sus condiciones ambientales:**

- **Saturadas:** El relleno está inundado total o parcialmente, permanente o temporalmente en agua dulce, entendiéndose como agua dulce aquella que es potencialmente potable (Cl) 250 mg/l; (SO<sub>4</sub> 250 mg/l).
- **Secas:** El relleno está adecuadamente drenado y protegido de la infiltración, y la saturación puede considerarse como un fenómeno esporádico, de corta duración y no periódico.
- **Marítimas:** La obra está en contacto con aguas saladas, bien sea por inmersión, bien sea porque pueda estar sometida a la acción directa de las olas o de sus salpicaduras.
- **Especiales:** La obra está sometida a condiciones no usuales de agresividad: Corrientes erráticas, rellenos industriales. rellenos evolutivos, cercanía de agua o líquidos agresivos. etc.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

### 4.1. DISCUSIONES

Al identificar los controles de calidad de los materiales prefabricados, de las características del relleno y de la ejecución de la obra, consideramos que:

Las características de los muros de tierra armada pueden resultar más ventajosos con respecto a los muros tradicionales de hormigón por lo siguiente:

La flexibilidad. El mecanismo de tierra armada en sí es muy flexible lo que permite adaptarse a terrenos con características geotécnicas no tan buenas.

En tierra armada generalmente se admiten asentamientos mucho mayores que los que se toleran en estructuras tradicionales. Al ser más flexible tiene un mejor comportamiento ante esfuerzos dinámicos por lo que puede soportar vibraciones de gran magnitud, deformándose sin colapsar (demostrado por los ensayos efectuados por el Laboratorio de los Ferrocarriles Japoneses).

Las estructuras de tierra armada, tanto por su densidad como por su geometría permite un reparto de cargas más efectivo que en estructuras de hormigón tradicional. Debido al tipo de técnica constructiva la tierra armada presenta grandes ventajas ya que su construcción (similar a un terraplén) no presenta complicaciones, en cuanto a la poca variedad de actividades a realizar, lo que permite una mecanización del trabajo y por consiguiente un mejor rendimiento.

Los muros de tierra armada no necesitan de fundaciones especiales, incluso en el caso de suelos de mala calidad, solo es necesario un hormigón de emplantillado para su emplazamiento, no así en obras tradicionales, que se realizan con fundaciones muchas veces de gran tamaño y en algunos casos es necesario mejorar terreno con algún tipo de método adicional. Los muros de tierra armada, constructivamente, se pueden aplicar de forma más eficaz y económica en suelos de tipo cohesivos friccionantes, resultando económicamente no recomendables, suelos donde hay presencia de orgánicos, ya que los anclajes resultarán muy largos.

En el caso de elementos metálicos, este control se realizará fundamentalmente en fábrica, de forma que los diferentes elementos puedan venir provistos de un certificado de garantía.

Los parámetros que han de ser controlados en fábrica son, como mínimo los siguientes:

- Resistencia a rotura por tracción.
- Alargamiento de rotura
- Espesor del recubrimiento galvánico.
- Uniformidad del recubrimiento galvánico.
- Adherencia del recubrimiento galvánico.

Los dos primeros están relacionados con las características mecánicas y los tres últimos con las de durabilidad. Además, deberá hacerse en fábrica un control del aspecto superficial del galvanizado, en su caso, para verificar que cumple lo exigido en la Norma UNE 37-501 y en los Pliegos de prescripciones técnicas.

- Al estudiar las causas en el comportamiento deficiente y la inestabilidad de la obra basados en su estética, consideramos que:

Exceptuando causas catastróficas (choque de un vehículo, sismo, etc.) y defectos de proyecto o ejecución, los defectos que puedan afectar a una obra de tierra armada tienen fundamentalmente su origen en:

- Un comportamiento no previsto del terreno de cimentación o de las condiciones hidrológicas del asentamiento.
- La inestabilidad natural o artificial de la ladera en la que se construye el macizo.
- Una corrosión de las armaduras mayor de la prevista, debida a un aumento de agresividad del terreno (causado por ejemplo por evolución de algunos minerales, aporte de agua al relleno, etc.).
- Un mal funcionamiento del drenaje.

La previsión de daños en un muro de retención estará asociada al correcto proceso constructivo aplicado, el buen diseño, la buena calidad del suelo, y buena calidad de los materiales a utilizar en su construcción, evitando costos innecesarios y posibles accidentes.

- Al establecer criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los muros de tierra armada dependiendo de la disfuncionalidad y de la avería, consideramos que:

El mantenimiento en las obras de tierra armada consiste esencialmente en:

- Eliminar las plantas que crezcan en las juntas del paramento.
- Mantener operativo el drenaje, cunetas, mechinales, etc.

- Cuidar la parte superior del relleno para evitar cárcavas, etc.
- Reparar los desperfectos de las escamas que forman el paramento.

Las reparaciones tienen por objeto devolver al macizo de tierra armada su funcionalidad perdida. Dependerán mucho del tipo de disfuncionalidad que se produzca y de las circunstancias que rodean la avería. A título de ejemplo y con carácter genérico se pueden señalar, entre otras, las siguientes medidas que es posible tomar:

- Perforación de drenes horizontales para reparar o crear un drenaje inoperante o inexistente.
- Colocación de anclajes pasivos en perforaciones rechazadas desde paramento a fin de sustituir a armaduras corroídas.
- Desmontaje y reconstrucción del macizo (en casos extremos).

## 4.2. CONCLUSIONES

- Al identificar los controles de calidad de los materiales prefabricados, de las características del relleno y de la ejecución de la obra, concluimos que:

De los resultados obtenidos de la prueba Chi cuadrado y Rho de Spearman, podemos concluir estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que, si existe una influencia directa y significativamente positiva considerable entre las dos variables, esto es, el identificar los controles de calidad de los materiales prefabricados mejora de forma significativa las características de relleno y de la ejecución de la obra.

- Al estudiar las causas en el comportamiento deficiente y la inestabilidad de la obra basados en su estética, concluimos que:

De los resultados obtenidos de la prueba Chi cuadrado y Rho de Spearman, podemos concluir estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que, si existe una influencia directa y significativamente positiva media entre las dos variables, esto es, al estudiar las causas en el comportamiento deficiente ayudará de forma significativa a encontrar la inestabilidad de la obra basados en su estética.

- Al establecer criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los muros de tierra armada dependiendo de la disfuncionalidad y de la avería, concluimos que:

De los resultados obtenidos de la prueba Chi cuadrado y Rho de Spearman, podemos concluir estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que, si existe una influencia directa y significativamente positiva considerable entre las dos variables, esto es, los criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los muros de tierra armada dependen de manera significativa de la disfuncionalidad y de la avería.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Daniel Alberto Aguilar Aguinaga. Lima Perú 2017. Tesis. Comparación Técnica entre el uso de Gaviones y Geo Celdas como Estructuras de Defensa. Pag.1

Diccionario de la lengua española (2019). Hormigón Armado. Diccionario Digital: [dle.rae.es](http://dle.rae.es) ›

Diccionario Español de Ingeniería (1.0 edición). Real Academia de Ingeniería de España. 2014. Consultado el 5 de mayo de 2014.

Diccionario Manual de la Lengua Española Vox. ©. (2007). Larousse Editorial, S.L.

Diccionario Práctico del Estudiante. (2007). Real Academia Española. Asociación de Academias de la Lengua Española. Barcelona, España: Editorial Santillana.

Figuera A. (2017) Conceptos Básicos de la Ingeniería. Recuperado en el sitio web:

[https://www.academia.edu/35453286/Conceptos\\_b%C3%A1sicos\\_de\\_la\\_ingenier%C3%ADa\\_CONCEPTOS\\_BASICOS\\_DE\\_LA\\_INGENIERIA](https://www.academia.edu/35453286/Conceptos_b%C3%A1sicos_de_la_ingenier%C3%ADa_CONCEPTOS_BASICOS_DE_LA_INGENIERIA)

Glosario de Términos Técnicos (2017) Recuperado en el sitio web:

<https://www.chilecubica.com/vocabularios-definiciones/glosario-de-t%C3%A9rminos-t%C3%A9cnicos/>

Gómez, M. (2017) Estudios y Supervisión del Sureste S.A de C.V. La Ingeniería Civil en la Prevención de Desastres. Recuperado en el sitio web <http://esssa.com/2017/10/24/la-ingenieria-civil-en-la-prevencion-de-desastres/>

León Siu, Alonso. (2019). Permisos de construcción: ¿Qué países tienen los costos más bajos? <https://gestion.pe/tu-dinero/inmobiliarias/permisos-construccion-paises-costos-bajos-237437-noticia/>

Lucero Prado. F. H. Pachacama Caizza E. A., y Rodríguez Montero W. A. (2017) “Análisis y Diseño de Muros de Contención”. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática Carrera de Ingeniería Civil. Trabajo de Graduación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil. Tesis publicada en el sitio web:  
[https://www.academia.edu/27449953/TESIS\\_Analisis\\_y\\_Disenio\\_de\\_Muro\\_de\\_Contencion\\_Ecuador](https://www.academia.edu/27449953/TESIS_Analisis_y_Disenio_de_Muro_de_Contencion_Ecuador)

Ostos Ramos R. (2004) “Construcción de un Muro Mecánicamente Estabilizado con el Proceso de Tierra Armada”. Tesis publicada en el sitio web:  
[https://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/Ostos\\_Ramos\\_Ruben\\_44743.pdf](https://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/Ostos_Ramos_Ruben_44743.pdf)



Pérez Porto J., y Merino M. (2018). Hormigón. Recuperado en el sitio web:

<https://definicion.de/hormigon/>

Proyección estimada de siete economistas locales y extranjeros consultados por Reuters.

Recuperado en el sitio web: <https://elcomercio.pe/economia/peru/economia-peruana-habria-crecido-5-noviembre-gracias-pesca-construccion-noticia-nndc-596613-noticia/>.

Rocha, Paulo Mendes. (2011). La ciudad es de todos. La cimbra editada por la Fundación Arquia.

Rodríguez Ortiz J. M., e Hinojosa Cabrera J. A. (1994). Manual para el proyecto y ejecución de estructuras de suelo reforzado. Ministerio de Obras públicas, transportes y Medio Ambiente. Serie Normativas. Instrucciones de Construcción.

Yepes, V. (2016). Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención.

Colección Manual de Referencia. Editorial Universitat Politècnica de València, 202 pp.

Ref. 328. ISBN: 978-84-9048-457-9. Recuperado en el sitio web:

<https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/henri-vidal>

## ANEXOS

### Anexo 1

DIMENSION	ÍTEMS	MUY DE ACUERDO	DE ACUERDO	INDIFE RENTE.	EN DESACU ERDO	MUY EN DESAC UERDO
Dimensión 1  Control.	<b>Comportamiento mecánico</b>	5	4	3	2	1
	1.1. ¿Considera usted que el comportamiento mecánico depende de haber realizado un pertinente control en fábrica y en obra de los parámetros relacionados al muro ?					
	1.2. ¿Considera usted que podrá omitirse en control en obra de ciertos parámetros siempre que exista un certificado de calidad?					
	<b>Durabilidad</b>					
	2.1. ¿Considera usted importante determinar los parámetros físico – químico – biológico de relleno a fin de estimar la durabilidad del muro?					
	2.2. ¿Cree usted que identificando pertinentemente un relleno bueno de uno marginal permitiría tomar las medidas adecuadas de control de los elementos metálicos en fábrica?					
Dimensión 2	<b>Normal</b>					
	3.1. ¿Considera usted que en una obra con importancia estructural normal puede prescindirse del control de algunos parámetros siempre que el relleno encaje en la clasificación de bueno?					

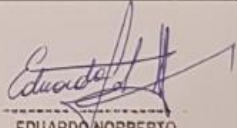
Importancia Funcional	3.2. ¿Considera usted acertado omitir el control en obra de algunos parámetros por tratarse de una obra con importancia funcional normal ?						
	<b>Crítica</b>						
	4.1. ¿Cree usted que en una obra de importancia funcional crítica el control en obra abarcaría principalmente solo medidas no destructivas del espesor del recubrimiento, siempre que existan certificados de calidad?						
	4.2. ¿Considera usted que las consecuencias que ocasiona la falla de una obra de importancia funcional crítica siempre se podría evitar realizando un juicioso análisis por encima de los estándares del pliego de prescripciones técnicas generales?						
Dimensión 3  Estabilidad	<b>Estado Límite de Servicio</b>						
	5.1. ¿Considera importante comprobar los estados límites de servicio del muro a fin de estimar, controlar y darle solución a las deformaciones excesivas ?						
	5.2. ¿Cree usted que el estado límite de servicio de fisuración es dimensionante cuando se ejecutan pantallas de contención y el terreno es agresivo?						
	<b>Estado de volcamiento y deslizamiento</b>						
	6.1. ¿Cree usted que la falla por deslizamiento o volcadura se debe a un deficiente análisis de la estabilidad interna para definir la longitud de las tiras de refuerzo y separación horizontal y vertical?						
	6.2. ¿Considera usted que estado de volcamiento y deslizamiento se debe a un deficiente análisis de riesgo de corrosión en el caso de tiras metálicas?						

<b>Dimensión 4</b>  Resistencia a corte y flexión	<b>Verificación de los esfuerzos al corte</b>					
	<b>7.1.</b> ¿Considera usted que un adecuado cálculo de concreto para muros estructurales aseguraría la resistencia al corte?					
	<b>7.2.</b> ¿Considera necesario diseñar el muro por capacidad de tal forma de considerar el efecto de sobrerresistencia respaldado por nuevas investigaciones?					
	<b>Verificación de los esfuerzos a flexión</b>					
	<b>8.1.</b> ¿ Cree usted que un adecuado cálculo del espesor del muro aseguraría la resistencia a la flexión?					
	<b>8.2.</b> ¿Considera que una deficiente verificación de los esfuerzos al corte necesariamente conllevaría a falla del muro por flexión ?					

## Anexo 2. Validación de Juicio de Experto

Nombre del instrumento motivo de la evaluación:		Cuestionario, sobre método de control de calidad para el mantenimiento de los Muros de contención a base de tierra armada.				
Autor del Instrumento		S: Iván Cruz Alvarado				
Población		22 ingenieros civiles colegiados - Muestra: 20 ingenieros civiles colegiados				
DIMENSION	ITEMS	SUFICIENCIA	CLARIDAD	COHERENCIA	IMPORTANCIA	OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES
<b>1. Comportamiento mecánico</b>						
Dimensión 1	1.1 ¿Considera usted que el comportamiento mecánico depende de haber realizado un posterior control en fábrica y en obra de los parámetros relacionados al muro?	4	4	4	4	
	1.2 ¿Considera usted que podrá existir un control en obra de dichos parámetros siempre que existan un certificado de calidad?	4	4	4	4	
<b>2. Durabilidad</b>						
Control	2.1 ¿Considera usted importante determinar los parámetros físico-químico - biológico de refuerzo a fin de estimar la vida útil del muro?	5	5	5	5	
	2.2 ¿Cree usted que idealmente debería existir un refuerzo hecho de uno marginal petroterria para las medidas adecuadas de control de los riesgos microbiológicos en fábrica?	4	4	4	4	
<b>3. Normal</b>						
Dimensión 2	3.1 ¿Considera usted que en una obra con importancia estructural normal puede prescindirse del control de algunos parámetros siempre que el refuerzo esté en la clasificación de bueno?	5	5	5	5	
	3.2 ¿Considera usted acertado omitir el control en obra de algunos parámetros por motivo de una obra con importancia funcional normal?	4	4	4	4	
<b>4. Crítica</b>						
Importancia Funcional	4.1 ¿Cree usted que en una obra de importancia funcional crítica el control en obra abarcaría principalmente solo medidas no destructivas del espesor del recubrimiento, siempre que existan certificados de calidad?	4	4	4	4	
	4.2 ¿Considera usted que las consecuencias que ocasiona la falla de una obra de importancia funcional crítica siempre se podría evitar realizando un juicioso análisis por encima de los estándares del pliego de prescripciones técnicas generales?	4	4	4	4	
<b>5. Estado Límite de Servicio</b>						
Dimensión 3	5.1 ¿Considera importante controlar los estados límites de servicio del muro a fin de estimar, controlar y dar solución a las deformaciones excesivas?	4	4	4	4	

Estabilidad	5.2. ¿Cree usted que el estado límite de servicio de fisuración es dimensionante cuando se ejecutan pantallas de contención y el terreno es agresivo?	4	4	4	4
	<b>6. Estado de volcamiento y deslizamiento</b>				
	6.1. ¿Cree usted que la falla por deslizamiento o volcadura se debe a un deficiente análisis de la estabilidad interna para definir la longitud de las tiras de refuerzo y separación horizontal y vertical?	4	4	4	4
	6.2. ¿Considera usted que estado de volcamiento y deslizamiento se debe a un deficiente análisis de riesgo de corrosión en el caso de tiras metálicas?	5	5	5	5
<b>Dimensión 4</b>	<b>7. Verificación de los esfuerzos al corte</b>				
Resistencia a corte y flexión	7.1. ¿Considera usted que un adecuado cálculo de concreto para muros estructurales aseguraría la resistencia al corte?	4	4	4	4
	7.2. ¿Considera necesario diseñar el muro por capacidad de tal forma de considerar el efecto de sobrerresistencia respaldado por nuevas investigaciones?	4	4	4	4
	<b>8. Verificación de los esfuerzos a flexión</b>				
	8.1. ¿Cree usted que un adecuado cálculo del espesor del muro aseguraría la resistencia a la flexión?	4	4	4	4
	8.2. ¿Considera que una deficiente verificación de los esfuerzos al corte necesariamente conllevaría a falla del muro por flexión?	4	4	4	4

Firma y sello del validador experto.	 EDUARDO NORBERTO SABA VEGA INGENIERO CIVIL
Apellidos y Nombres	SABA CIPRIANA EDUARDO NORBERTO
D.N.I.	09864668

### **Anexo 3. Información de validadores.**

### Anexo 4. Matriz de Consistencia

Manual de método de control de calidad y criterios de comportamiento para el mantenimiento de muros de contención a base de tierra armada, ubicados en el distrito ventanilla.	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables $y=f(x)$	Indicadores	Diseño de la investigación
	<p><b>Problema general:</b> ¿Cuáles serían los criterios de control de calidad a emplear en el mantenimiento de los muros de contención a base de tierra armada, ubicados en el Distrito de Ventanilla ?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Diseñar un manual de control de calidad y criterios de comportamiento para el mantenimiento de los muros de contención a base de tierra armada, ubicados en el Distrito de Ventanilla.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> Diseñar un manual de control de calidad y criterios de comportamiento para el mantenimiento de muros de contención a base de tierra armada, ubicados en el Distrito de Ventanilla.</p>	<p><b>Variable dependiente (y):</b> Muros estructurales de contención basados en muros de tierra armada.</p> <p><u>DIMENSIONES</u></p> <p>D1. Control. D2. Importancia funcional. D3. Estabilidad. D4: Resistencia a corte y flexión</p>	<p>Estado límite de servicio.</p> <p>Estabilidad al volcamiento y deslizamiento.</p> <p>Verificación de los esfuerzos al corte.</p> <p>Verificación de los esfuerzos a flexión.</p>	<p>Tipo: Investigación Explicativo.</p> <p>Método: Enfoque Cuantitativo</p> <p>Diseño: No experimental.</p> <p>En tiempo: Retrospectivo</p>



<p><b>Problemas específicos:</b> ¿Cómo identificar los controles de calidad de los materiales prefabricados, de las características del relleno y de la ejecución de la obra?</p> <p>¿Cómo estudiar las causas en el comportamiento deficiente y la inestabilidad de la obra basados en su estética?</p> <p>¿Cómo establecer criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los muros de tierra armada dependiendo de la disfuncionalidad de la avería?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>Identificar los controles de calidad de los materiales prefabricados, de las características del relleno y de la ejecución de la obra.</p> <p>Estudiar las causas en el comportamiento deficiente y la inestabilidad de la obra basados en su estética.</p> <p>Establecer criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los muros de tierra armada dependiendo de la disfuncionalidad y de la avería.</p>	<p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>Identificar los materiales de los materiales prefabricados mejora las características del relleno y de la ejecución de la obra.</p> <p>Estudiar las causas en el comportamiento deficiente ayudará a encontrar la inestabilidad de la obra basados en su estética.</p> <p>Los criterios técnicos para el mantenimiento y reparación de los muros de tierra armada dependen de la disfuncionalidad y de la avería.</p>	<p><b>Variable independiente (x):</b></p> <p>Manual de control de criterios y comportamiento</p>	<p>Comportamiento mecánico.</p> <p>Durabilidad.</p> <p>Normal.</p> <p>Crítica.</p>
---	--	---	--	--

*Fuente: Elaboration Propia*

## **Anexo 5. Propuesta De Control De Calidad De Obras De Tierra Armada**

### **1. MODALIDADES DE CONTROL:**

El control abarcará los aspectos siguientes:

- Comportamiento mecánico.
- Durabilidad.
- Aspecto.

Algunos parámetros relacionados con cada uno de estos tres puntos han de ser controlados en fábrica y otros lo han de ser en obra. El Control de fábrica quedará plasmado en un certificado de garantía de acuerdo con la normativa vigente.

En lo referente al control en obra de los parámetros relacionados con la durabilidad se diferencian tres modalidades:

- Control Reducido.
- Control Normal.
- Control Intenso.

Para escoger el tipo de control adecuado a cada obra en particular se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Importancia funcional de la obra.
- Medio ambiente en el que está colocada la obra.
- Características del relleno utilizado.

### **IMPORTANCIA FUNCIONAL:**

Las obras pueden dividirse en dos tipos desde el punto de vista de su importancia estructural:

● **Normales:** Son aquellas cuya rotura puede, previsiblemente causar daños únicamente a la propia estructura de tierra armada y a las vías de comunicación, sin afectar a estructuras singulares ni ocasionar daños a personas ni grandes daños a propiedades (muros de sostenimiento, algunos muros portantes, etc.).

● **Críticas:** Son aquellas cuya rotura ocasiona graves daños a estructuras singulares, a propiedades, o puedan previsiblemente causar daños a personas o puedan afectar a servicios de importancia cuyo funcionamiento haya de asegurarse en todas las ocasiones (estribos de puente, grandes muros portantes, algunos muros de sostenimiento, etc.).

### **MEDIO AMBIENTE:**

Las consideraciones medio-ambientales permiten clasificar las obras en tres tipos, según su localización:

- Secas (ambiente seco)
- Saturadas (ambiente saturado)
- Especiales.

Las definiciones de estas clases de obras coinciden con las correspondientes del Pliego de prescripciones técnicas generales.

### **CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO:**

Los parámetros físico-químico-biológicos del relleno caracterizan el comportamiento de la obra de tierra armada, en lo que respecta a la durabilidad, en tanto en cuanto son una medida del potencial corrosivo del relleno frente a los metales de los que están formados las armaduras. En el Pliego de prescripciones técnicas generales se definen las características que se exigen a los rellenos para su utilización en obras de tierra armada, diferenciándose a este respecto las obras secas de las saturadas.

### **MODALIDAD RECOMENDADA DE CONTROL DE LA OBRA:**

A fin de fijar la modalidad de control se clasifican los rellenos en buenos y marginales, según cumplan las características exigidas ampliamente o algunas de ellas tenga valores cercanos a los valores límites. En la Tabla 33 se indican los valores límites de las diferentes características de los rellenos.

En función de las clasificaciones definidas en los puntos anteriores se presentan en la figura 26 las modalidades de control recomendadas en lo que respecta a las características físico-químico-biológicas. Como es lógico cuanto más importante sea la obra y cuanto peor

sea el relleno y el medioambiente desde el punto de vista del potencial corrosivo, mayor será el control recomendado.

**Tabla 33**

*Clasificación de Rellenos*

RELENO	BUENO				MARGINAL			
	AMBIENTE							
Característica	SECO	SATURADO	SECO	SATURADO	SECO	SATURADO	SECO	SATURADO
Resistividad( $\Omega$ cm)	>3000	>5000	>1000	>3000				
pH	>6	>6	> 5	> 5				
	< 9	< 9	< 10	< 10				
Contenido en materia orgánica (mg/kg de Carbono)	< 50	< 50	< 100	< 100				
Contenido de (Cr) (mg/kg)	< 100	< 50	< 200	< 100				
Contenido de (SO <sub>4</sub> ) (mg/kg)	< 50	< 250	< 1000	< 500				
Contenido en sulfuros ( S )(mg/kg)	< 100	< 30	< 300	< 100				

Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/kg)	- <10	- <20
Bacterias Anaerobias (bacterias /gramo)	- <5	- <10

*Fuente: Rodríguez Ortiz J. M., e Hinojosa Cabrera J. A. (1994)*

TIPO DE OBRA SEGÚN MEDIO AMBIENTE	CALIDAD DEL RELLENO	TIPO DE OBRAS SEGÚN IMPORTANCIA ESTRUCTURAL	
		Normales	Criticas
SECAS	BUENO MARGINAL	REDUCIDO NORMAL	NORMAL INTENSO
SATURADAS	BUENO MARGINAL	NORMAL INTENSO	INTENSO INTENSO
ESPECIALES		INTENSO	INTENSO INTENSO

*Figura 26: Modalidades de control*

*Fuente: Rodríguez Ortiz J. M., e Hinojosa Cabrera J. A. (1994)*

## **CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES PREFABRICADOS:**

El control en obra podrá omitirse siempre que exista un certificado de calidad, excepto en lo referente al aspecto superficial del recubrimiento y a la integridad física de las armaduras (que deberán carecer de fisuras, rebabas, etc., y no deberán haber sufrido deformaciones plásticas) y la comprobación de las dimensiones. En el caso de que solo se proporcione certificado de calidad y para obras con control intenso, se recomienda realizar en obra medidas no destructivas del espesor del recubrimiento. La frecuencia de estas

medidas deberá ser de 1 ensayo por cada 1000 m de armadura de la misma anchura o fracción por cada 250m de piel metálica o fracción.

### **ESCAMAS DE HORMIGÓN:**

En fábrica se realizará el control a nivel intenso que marca la Instrucción EH-88, a fin de poder otorgar el certificado de garantía. Se realizará además un control de la resistencia a flexotracción realizando ensayos con las mismas frecuencias y sobre el mismo número de muestras que especifica la EH-88 para los ensayos a compresión.

En la recepción en obra se controlarán las dimensiones geométricas y el aspecto superficial de todas las escamas, que deberán cumplir las especificaciones exigidas por los planos y los Pliegos de prescripciones técnicas.

### **JUNTAS DE CONGLOMERADO DE CORCHO:**

Con el fin de garantizar que el material cumple las especificaciones señaladas en los Pliegos de prescripciones técnicas se deberá controlar como mínimo lo siguiente:

- Compresión.
- Extrusión.
- Resistencia a la ebullición.
- Resistencia al envejecimiento.

En la recepción en obra se controlarán el aspecto y las dimensiones geométricas.

## **CONTROL DE CALIDAD DEL RELLENO Y DE LA EJECUCIÓN:**

### **ALCANCE DEL CONTROL:**

Serán objeto de control los siguientes aspectos:

- Materiales que constituyen el relleno.
- Montaje de paramentos y armaduras.
- Extensión del relleno.
- Compactación del relleno.
- Geometría del macizo.

### **OBJETO:**

El objeto de este control es comprobar que el material que se va a utilizar cumple lo establecido en el Pliego de prescripciones técnicas tanto en el lugar de origen como en el de empleo para evitar las alteraciones que puedan producirse como consecuencia de las operaciones de extracción carga, transporte y descarga.

### **PROCEDIMIENTO:**

El procedimiento a seguir comprende las siguientes etapas:

Antes de la iniciación de la obra y siempre que se sospechen variaciones del material.

Sobre el número de muestras representativas de cada tipo de material que señale el



Director de las obras y que serán dos (2) como mínimo se efectuarán los siguientes ensayos en cada muestra:

- 1 Proctor normal.
- 1 Ensayo granulométrico completo.
- 1 Equivalente de arena.
- 1 Determinación de resistividad.
- 1 Determinación de pH.
- 1 Determinación del contenido en materia orgánica.
- 1 Ensayo cualitativo de la presencia de sulfuros.

Si el cernido por el tamiz UNE 0,05 es superior a 15% y el porcentaje en peso de partículas de tamaños inferiores a  $15\mu$  está comprendido entre el 10 y el 20% se efectuarán además en cada muestra:

- 1 Ensayo de corte directo del terreno.
- 1 Ensayo de rozamiento suelo-armadura si se prevén armaduras lisas.

Si hay indicio de presencia de sulfuros se efectuará en cada muestra además:

- 1 Determinación del contenido de sulfuros.

Si la resistividad es inferior a 50000 cm se deberá también realizar en cada muestra:

- 1 Determinación del contenido de cloruros.
- 1 Determinación del contenido de sulfatos.

Si la obra de tierra armada prevista es saturada se efectuará además en cada muestra:

- 1 Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

- 1 Conteo de bacterias anaerobias.

Si existen zonas de reducción, de ancho en la parte baja del macizo se efectuará además y en cada muestra.

- 1 Proctor modificado.

b) En el yacimiento: Se realizarán las siguientes operaciones:

- Comprobar la retirada de la montera de tierra vegetal antes del comienzo.
- Comprobar la explotación racional del frente y en su caso la exclusión de las vetas no utilizables.
- Tomar muestras representativas, de acuerdo con el criterio del Director de las obras del material excavado en cada desmonte o préstamo. Sobre ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

\*Por cada 500 m<sup>3</sup> de material o una vez cada 2 días si se emplea menos material:

- 2 Equivalente de arena.

Si existen zonas de reducción de anchura:

- 1 Proctor modificado.

Si el control es intenso:

- 1 Determinación de la resistividad.

\*Por cada 1500m<sup>3</sup> de material o una vez cada 4 días si se emplea menos material:

- 1 Ensayo granulométrico.
- 1 Proctor normal.

Si el control es intenso:

- 1 Determinación de pH.
- 1 Contenido en materia orgánica.

Si el control es normal.

- 1 Determinación de la resistividad.

\*Por cada 500 m<sup>3</sup> de material o una en cada semana si se emplea menos material

Si el control es normal:

- 1 Determinación de pH.
- 1 Determinación del contenido en materia orgánica.

Si el control es reducido:

- 1 Determinación de la resistividad.

c) En el lugar de colocación:

Se examinarán los montones procedentes de la descarga de camiones desechando de entrada aquellos que, a simple vista, presenten restos vegetales, materia orgánica o bolos de mayor tamaño que el admitido como máximo; y señalando aquellos otros que presenten alguna anomalía en cuanto al aspecto que debe tener el material que llegue a obra de las procedencias aprobadas, tales como distinta coloración, exceso de plasticidad, etc. Se tomarán muestras de los montones señalados como sospechosos para repetir los ensayos efectuados en el lugar de procedencia.

## **CONTROL DEL MONTAJE DE PARAMENTOS Y ARMADURAS:**

### **OBJETO:**

El objeto de este control es vigilar y comprobar que el montaje se haga de acuerdo con los planos, los Pliegos de prescripciones técnicas y las normas de buena práctica.

**PROCEDIMIENTO:**

- Comprobar que se colocan las cuñas de madera suficientes para impedir el movimiento de las últimas filas de escamas.
- Comprobar que se van retirando todas las cuñas de madera a medida que avanza el montaje.
- Comprobar que no se coloca más de una fila de escamas por encima del nivel del relleno.
- Comprobar que ningún punto del paramento recién colocado esté alejado más de lo que corresponde a su posición teórica.
- Medir el desplome local de la última fila de escamas con regla de 4,5 m.
- Aplicar a toda la superficie de paramento la regla de 4,5 m para detectar los defectos locales.
- Comprobar que se colocan las juntas horizontales de conglomerado de corcho en su caso, así como las juntas de espuma y textiles en su caso.
- Comprobar que se colocan las armaduras prescritas y que éstas se atornillen adecuadamente a los enganches.
- Comprobar que toda la extensión de armadura reposa adecuadamente sobre la tongada inferior del relleno, sobre todo en la zona cercana al enganche.

## **CONTROL DE LA EXTENSIÓN DEL RELLENO:**

### **OBJETO:**

El objeto de este control es vigilar y comprobar que la extensión de las capas del material de relleno cumple lo especificado en los Planos y Pliegos de prescripciones técnicas.

### **PROCEDIMIENTO:**

- Comprobar aproximadamente el espesor y anchura de las tongadas.
- Vigilar la temperatura ambiente.
- Comprobar que la extensión se realiza paralelamente al paramento en las secuencias que señalan los Pliegos de prescripciones técnicas.
- Comprobar que no se altere la colocación de armaduras.

## **CONTROL DE LA COMPACTACIÓN DEL RELLENO:**

### **OBJETO:**

- Comprobar que en la franja de 1,5 m contigua al paramento no se utilizan compactadoras no autorizadas en los Pliegos de prescripciones técnicas.
- Comprobar que no se producen blandones durante la compactación.

- Comprobar que la compactación de cada tongada cumple las condiciones de densidad establecidas en los Pliegos de prescripciones técnicas.

### **CONTROL GEOMÉTRICO DEL MACIZO:**

#### **OBJETO:**

El objeto de este control es llevar a cabo la comprobación geomántica del paramento y de la superficie resultante del terraplén terminado en relación con los Planos y Pliegos de prescripciones técnicas.

#### **PROCEDIMIENTO:**

El procedimiento consiste en comprobar las cotas de replanteo del eje con una mira cada 20 m más los puntos singulares (tangentes de curvas horizontales y verticales, etc.), colocando estacas niveladas en mm. En esos mismos puntos se comprobará la anchura y la pendiente transversal colocando estacas en los bordes del perfil transversal. Desde los puntos de replanteo se comprobará si aparecen desigualdades de anchura, de rasante o de pendiente transversal y se aplicará la regla de 3 m donde se sospechen variaciones superiores a las tolerables. Se medirá el desplome total del paramento.

#### **CONTROL POST-CONSTRUCTIVO:**

#### **INDICIOS DE MALCOMPORTAMIENTO:**

Los indicios que se presentan como consecuencia de los posibles incidentes que pueden ocurrir en las obras de tierra armada son fundamentalmente los siguientes:

- Asientos anormales de la totalidad o de parte de la obra, que pueden observarse en general por simple inspección longitudinal del paramento.
- Desplazamientos horizontales del paramento (abultamientos, desplomes, etc.).
- Agrietamientos o roturas de las escamas de hormigón que forman el paramento.
- Hundimientos localizados en la superficie del relleno, observable a menudo por la formación de charcos en dichas zonas,
- Grietas en el relleno del macizo o en el terreno sujeto a éste.
- Filtraciones de agua o pérdida del relleno a través de la juntas del paramento.

La aceleración de la erosión puede no manifestarse por indicio alguno en sus primeros momentos, que es cuando resulta más interesante el detectarlo a fin de corregir sus efectos. Debido a esto, en ciertas obras importantes se establece un sistema de control, del avance de la corrosión a base de la extracción periódica de testigos.

### **CONTROL DEL AVANCE DE LA CORROSIÓN:**

#### **MECÁNICA DEL CONTROL:**

El objeto del control es comprobar el avance de la corrosión en las armaduras verificando la pérdida de peso de testigos de las mismas características enterrados en el relleno.

Los testigos son muestras de armaduras de 60 cm de longitud y del mismo tipo de las empleadas en la obra. Se colocan en el relleno del macizo armado en el momento de la construcción frente a unos registros dejados en escamas especiales y van dotados de un enganche de extracción.

A cada testigo se le asigna un número y se determina su peso al centigramo antes de su puesta en obra, reseñándose su emplazamiento en el plano. Una tarjeta de material plástico, en la cual están grabados el número y el peso del testigo, se coloca en el tubo del registro. Las escamas especiales destinadas a la extracción de testigos van dotadas de una señal distintiva en uno de sus ángulos y están además indicadas en el plano de ejecución de la obra. Cada escama de este tipo puede estar dotada de cuatro testigos.

Puesto que para la extracción de los testigos hace falta un pequeño gato, las escamas especiales correspondientes deben estar colocadas en puntos del paramento que sean de fácil acceso (poco más arriba de la base de la obra) y en el caso de un estribo, debajo del durmiente, siempre que se pueda poner un andamio.

Una vez extraídos los testigos se someten a una serie de operaciones, que se describen a continuación:

- a) **Examen Anual:** Se realizará un examen detallado del testigo observando y anotando cuanto resulte interesante a simple vista.
- b) **Decapaje de los Testigos:** Dado que al acero dulce se le adhieren con gran facilidad los granos de suelo formando una ganga, es necesario primero someter al testigo a un cepillado enérgico con cepillo metálico. Los residuos que permanezcan adheridos se remueven por



rascado. Después se someten los testigos durante 35 minutos a un baño por inmersión en una solución en agua desionizada (indispensable) de ácido crómico (calidad electrolítica para cromado) de 200 mg/l a 70-75° C de temperatura.

A continuación, se aclara en agua corriente y se le da un nuevo cepillado con cepillo metálico. La operación se repite hasta que la limpieza sea perfecta. Por último, se seca el testigo con acetona y en estufa a 50° C durante una hora.

Si el testigo es de acero galvanizado el baño será de 15 minutos y en una solución de acetato de amonio, en agua desionizada, saturada a 25° C (145,3 g por cada 100 g). El aclarado tendrá una fase previa que se hará con agua caliente renovada. El resto de las operaciones serán idénticas que para los testigos no galvanizados.

**c) Pesaje de los testigos:** Se pesará el testigo con precisión de centígramo.

**d) Ensayo de tracción:** Se podrá en su caso, someter el testigo a rotura a tracción. La pérdida de resistencia y/o peso será una medida del avance de la corrosión.

### **RECOMENDACIONES DEL CONTROL:**

Este control, al estar relacionado con el potencial corrosivo del relleno frente al metal de las armaduras y pieles se regirá por las mismas consideraciones que el control de los parámetros físico-químico-biológicos del relleno durante la ejecución del macizo.

Este control de durabilidad se deberá prever y realizar para todas aquellas obras en las que en la Tabla II se prescribe un control normal o intenso. Si la modalidad de control que se exige es la normal, se dispondrá de un conjunto de testigos de control por cada

30.000 m de armadura o fracción de cada unidad de control. En este caso se deberá prever una extracción de testigo cada 20 años realizándose la primera antes de que pasen 10 años después de terminada la obra.

Si la modalidad de control es la intensa se dispondrá un conjunto de testigos por cada 10.000 m o fracción de cada unidad de obra.

La frecuencia de extracción será de un testigo cada 10 años, extrayéndose el primero antes de transcurridos 5 años después de haber terminado la obra. El número de testigos de cada conjunto se puede estimar teniendo en cuenta la vida posible de la obra (siempre tomada con amplitud) y la frecuencia de extracción. A esta estimación se le deben añadir algunos testigos más que permitan aumentar la frecuencia de extracción si se observan fenómenos de corrosión no previstos.