



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“INFLUENCIA A LA ADICIÓN DE FIBRAS DE PLÁSTICO Y METAL, SOBRE
LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN MORTEROS PARA TALUDES”**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Carrasco Huaccha Julio Cesar
Fernández Gamboa Jessica Magally

Asesor:

Ing. Ivan Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo– Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, APRUEBAN la tesis desarrollada por Jessica Fernández Gamboa y Carrasco Huaccha Julio, denominada:

INFLUENCIA A LA ADICIÓN DE FIBRAS DE PLÁSTICO Y METAL, SOBRE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN, EN MORTERO PARA TALUDES

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro
ASESOR

Ing. Wiston Azañedo Medina
**JURADO
PRESIDENTE**

Ing. Juan Alejandro Agreda Barbaran
JURADO

Mg. Gonzalo Hugo Díaz García
JURADO

DEDICATORIA

*A Dios y la Santísima Virgen de la Puerta, que
inspiro mi espíritu, para terminar la meta
trazada.*

*A mí madre querida que me dio la vida y creyó
siempre en mí; brindándome sus consejos y
amor incondicional.*

*A mi hermano que siempre está junto a mí,
dándome su apoyo y amor fraternal.*

*A Jessica Fernández, con quien nos hemos
apoyado y alentado mutuamente, para continuar
cuando parecía que nos íbamos a rendir.*

*A mis compañeros y amigos quienes sin esperar
nada a cambio compartieron sus conocimientos,
alegrías y tristezas a lo largo de la vida
universitaria, para que este sueño se haga
realidad.*

Julio C.

DEDICATORIAS

A Dios y la Santísima Virgen de la Puerta, por permitirme haber llegado a este momento tan importante en mi formación profesional.

A mí tío Félix Gamboa Briceño, quien ha sido como un padre para mí, aun en su ausencia siempre estará en mi corazón, agradeciéndole por los consejos y el inmenso amor que me brindo como a una hija.

A mis hijos, Breayan y Robert, por ser mi mayor fuente de inspiración, para no rendirme y poder superarme día a día, agradeciéndoles su apoyo y comprensión.

A mi madre por apoyarme en todo momento con sus consejos y valores, los cuales me han permitido ser una persona de bien.

A mi padre por su amor y paciencia, que desde el cielo comparte mi alegría y felicidad.

A Julio Carrasco, con quien iniciamos este reto, logrando lo que se anhelo profesionalmente

Jessica F.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, todo poderoso, por habernos dado salud, vida, y las fuerzas necesarias para la ardua labor que se necesitó para la culminación de esta investigación, así como por encaminarnos por el sendero del buen camino, del cual aprendimos de nuestros errores.

Agradecemos a la Universidad Privada del Norte, por haber aceptado que seamos parte de ella y habernos abierto las puertas para desarrollar nuestras investigaciones; por darnos la oportunidad de cumplir nuestras metas, también un agradecimiento a todos los diferentes docentes, que se encargaron de darnos el sustento y la doctrina, para ser buenos profesionales, de la misma manera agradecemos, sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Un especial agradecimiento a nuestro asesor, Ing. Iván Vásquez Alfaro por su paciencia, apoyo y su constante orientación, para con nosotros, también le agradecemos por su generosidad al brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad que siempre ha mostrado, y que en muchas ocasiones ha dado luz a un camino que no se hizo particularmente fácil.

Los Autores

RESUMEN

Existen diversos problemas que genera la construcción de carreteras y falta de sostén en superficies en donde se genera presión, generando deslizamientos, para esto se busca estructuras solidas con pendientes para resistir el peso y presión, que se genera, para lo cual la presente investigación tuvo como principal objetivo estudiar la influencia de la incorporación de SIKA FIBER FORCE PP48 y SIKA FIBER CHO 6535 NB, en las propiedades mecánicas del mortero convencional, siendo el caso de la resistencia a la flexión, en tres puntos y la proporción que se empleó, para esta investigación fue de 1 de cemento: 2 de arena con una relación agua/cemento de 0.50.

En la elaboración de las probetas, para esta investigación se utilizó el Cemento Pacasmayo Portland Tipo I, agua potable de la ciudad de Trujillo y la arena fina traída de la cantera “San Idelfonso”, ubicada dentro de la provincia de Trujillo; se realizaron diversos ensayos a la arena tales como: análisis granulométrico (ASTM C136), contenido de humedad (ASTM 566), peso específico, absorción (ASTM C128) y peso unitario suelto y compactado (ASTM C29), así como la calidad físico-química (ASTM D4972).

Para el conformado de probetas se reforzó con fibras, en diferentes adiciones 20,40,60,80 y 100 g, para SIKA FIBER CHO 6535 NB Y 5,10 y 15 gramos para SIKA FIBER FORCE PP48; se realizó el ensayo de resistencia a la flexión del mortero, para lo cual, se empleó la norma ASTM C293, en donde las probetas empleadas fueron de dimensiones 16 cm x 4 cm x 4 cm, curadas en agua y ensayadas a una edad de 28 días, de acuerdo a la NTP 399.602.

Con la ejecución de esta investigación, se pudo concluir que los morteros para taludes, reforzado con SIKA FIBER CHO 6535 NB, alcanzaron valores superiores a los reforzados con SIKA FIBER FORCE PP48, llegando a un valor de hasta 262.4 Kg/cm², cuando se reforzó con 100 gramos de dicha fibra, a comparación de los morteros reforzados con fibra polimerica, llegando a valores máximo de 162.4 Kg/cm², determinando que en morteros para taludes, independientemente de la adición de fibra, SIKA FIBER CHO 6535 NB, este es el mejor componente usado como refuerzo, en mortero para taludes.

Inclusive el costo, para la elaboración de los morteros para taludes, es económicamente accesibles, dado que el precio de SIKA FIBER FORCE PP48, es de S/.138, en un empaque de 5 kg., y de SIKA FIBER CHO 6535 NB, es de S/.203.70, pero en un empaque de 20 Kg., para lo cual independientemente de la cantidad de mortero a elaborar, la adición de fibras de metal es mucho más económico, porque en un equivalente a 5 Kg, el precio seria S/.50.90.

ABSTRAC

There are several problems generated by the construction of roads and lack of support on surfaces where pressure is generated, generating landslides, for this purpose solid structures with slopes are sought to resist the weight and pressure, which is generated, for which the present investigation had as main objective to study the influence of the incorporation of SIKA FIBER FORCE PP48 and SIKA FIBER CHO 6535 NB, in the mechanical properties of conventional mortar, being the case of the resistance to bending, in three points and the proportion that was used, for this investigation was 1 of cement: 2 of sand with a water / cement ratio of 0.50.

In the elaboration of the test pieces, for this investigation the Cement Pacasmayo Portland Type I was used, drinking water of the city of Trujillo and the fine sand brought from the quarry "San Idelfonso", located within the province of Trujillo; various sand tests were performed such as: granulometric analysis (ASTM C136), moisture content (ASTM 566), specific gravity, absorption (ASTM C128) and loose and compacted unit weight (ASTM C29), as well as physical quality-Chemistry (ASTM D4972).

For the forming of specimens, it was reinforced with fibers, in different additions 20,40,60,80 and 100 g, for SIKA FIBER CHO 6535 NB Y 5.10 and 15 grams for SIKA FIBER FORCE PP48; the mortar bending resistance test was carried out, for which the ASTM C293 standard was used, where the test pieces used were of dimensions 16 cm x 4 cm x 4 cm, cured in water and tested at an age of 28 days, according to NTP 399.602.

With the execution of this investigation, it was concluded that the mortars for slopes, reinforced with SIKA FIBER CHO 6535 NB, reached higher values than those reinforced with SIKA FIBER FORCE PP48, reaching a value of up to 262.4 Kg / cm², when reinforced with 100 grams of said fiber, compared to mortars reinforced with polymeric fiber, reaching maximum values of 162.4 Kg / cm², determining that in mortar for slopes, regardless of the addition of fiber, SIKA FIBER CHO 6535 NB, this is the best component used as reinforcement, in mortar for slopes.

Inclusive the cost, for the elaboration of the mortars for slopes, is economically accessible, since the price of SIKA FIBER FORCE PP48, is of S / .138, in a packaging of 5 kg., And of SIKA FIBER CHO 6535 NB, is of S / .203.70, but in a pack of 20 Kg., for which regardless of the amount of mortar to be processed, the addition of metal fibers is much cheaper, because in an equivalent to 5 Kg, the price would be S /.50.90.

INDICE

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Lista de tablas.....	x
Lista de figuras.....	xii

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.....	14
1.2. Formulación del problema.....	18
1.3. Justificación.....	18
1.4. Limitaciones.....	21
1.5. Objetivos.....	21
1.6. Hipótesis.....	21
1.7. Tipos de investigación.....	21

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.....	22
2.2. Bases Teóricas.....	23
2.2.1. Taludes.....	23
2.2.1.1. Partes de un talud.....	24
2.2.1.2. Deslizamientos.....	25
2.2.1.3. Velocidad de deslizamiento.....	27
2.2.1.4. Causas de deslizamiento.....	27
2.2.1.5. Tipos de fallas más comunes en los taludes de vías terrestres.....	28
2.2.1.6. Tipologías de fallas.....	34
2.2.2. Mortero.....	35
2.2.2.1. Características del mortero.....	35
2.2.2.2. Propiedades en estado endurecido.....	37
2.2.3. Cemento portland.....	39

2.2.3.1. Tipos de cemento portland	39
2.2.3.2. Cemento Pacasmayo tipo I	40
2.2.4. Agregados	42
2.2.4.1. Agregado Fino	42
2.2.5. Agua	49
2.2.6. Fibras	50
2.2.6.1. Tipos de fibra	51
2.2.6.1.1. Fibras de acero	52
2.2.6.1.2. Fibras de plástico (poliméricas)	55

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables	56
3.2. Diseño de investigación	56
3.3. Unidad de estudio	57
3.4. Población.....	57
3.5. Muestra.....	57
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimiento experimental	58

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1. Propiedades físicas de agregados finos	69
4.1.1) Ensayo de granulometría	69
4.1.2) Propiedades físicas y químicas de los agregados finos	70
4.2. Propiedades mecánicas del mortero: Resistencia a la flexión.....	70
4.3. Costos para la fabricación de morteros para taludes.....	71

CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN

5.1. Discusión de resultados	73
------------------------------------	----

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	78
---------------------------------------	-----------

CAPÍTULO 7: RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
APÉNDICE I	83
APÉNDICE II	87
ANEXOS I: Registro Fotográfico	90
ANEXOS II: Fichas Técnicas	92

LISTA DE TABLAS

- Tabla N° 01.** Resumen de costeo de materia prima
- Tabla N° 02.** Componentes y fases del mortero
- Tabla N° 03.** Clasificación de los morteros de acuerdo a su masa unitaria
- Tabla N° 04.** Compuestos principales en el cemento portland
- Tabla N° 05.** Clasificación de la salinidad según su conductividad.
- Tabla N° 06.** Parámetros de clasificación salino y sódico
- Tabla N° 07.** Categorías de los diferentes pH
- Tabla N°08.** Características principales de los tipos de fibras
- Tabla N° 09.** Operacionalización de las variables
- Tabla N° 10:** Variables independiente y niveles de estudio
- Tabla N° 11:** Variables dependiente
- Tabla N° 12:** Matriz de diseño experimental.
- Tabla N°13:** Tabla matriz para un análisis granulométrico
- Tabla N° 14:** Tabla matriz para peso unitario
- Tabla N° 15:** Dimensiones del recipiente
- Tabla N°16:** Tabla matriz para peso específico
- Tabla N°17:** Tabla matriz para humedad
- Tabla N°18:** Tabla matriz para caracterización físico química
- Tabla N° 19:** Tabla matriz para peso unitario de agregados
- Tabla N° 20:** Códigos de probetas
- Tabla N°21:** Matriz de llenado
- Tabla N° 22:** Cuadro resumen de propiedades físicas y químicas
- Tabla N°23.** Cantidad de material para un m³, de mortero
- Tabla N°24.** Resumen de costeo para 5 kg., de fibra
- Tabla N°25.** Costo de mortero, con diferentes fibras, pero similar resistencia
- Tabla A-01:** Análisis granulométrico de la cantera San Idelfonso, muestra 1

Tabla A-02: Análisis granulométrico de la cantera San Idelfonso, muestra 2

Tabla A-03: Análisis granulométrico de la cantera San Idelfonso, muestra 3

Tabla A-04: Contenido de humedad, de las canteras San Idelfonso

Tabla A-05: Peso unitario, de la cantera San Idelfonso

Tabla A-06: Ensayo de absorción, de la cantera San Idelfonso

Tabla A-07: Calidad fisicoquímica, de las canteras San Idelfonso

Tabla A-08: Fuerzas, reportadas por el equipo de resistencia a la flexión

Tabla A-09: Desplazamiento, reportadas por el equipo de resistencia a la flexión

Tabla A-10: Resistencia a la flexión

LISTA DE FIGURAS

Figura N°01. Deslizamiento de tierra. (Falla en taludes)

Figura N°02. Partes de un talud

Figura N°03. Partes de un deslizamiento

Figura N°04. Fallas de un talud

Figura N°05. Sección típica de una fibra de acero.

Figura N°06. Disposición de las cadenas poliméricas en las fibras

Figura N° 07. Probeta de morteros

Figura N°08: Diseño experimental

Figura N° 09: Curva granulométrica, para arenas finas

Figura N° 10: Curva granulométrica del agregado fino

Figura N° 11: Curva de flexión, para SIKA FIBER CHI 6535 NB

Figura N° 12: Curva de flexión, para SIKA FIBER FORCE PP48

Figura N°13. Probeta de flexión, de mortero reforzado con SIKA FORCE PP48

Figura N°14. Probeta de flexión, de mortero reforzado con SIKA FIBER CHO 6535 NB

Figura N°15. Medición de las dimensiones de las probetas

Figura N°16. Colocado de los parámetros al equipo

Figura N°17. Ensayo de resistencia a la flexión

Figura N°18. Probetas curadas 28 días

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Realidad problemática

En el aspecto mundial, los taludes, son estructuras muy usadas, para evitar deslizamientos y contener derrumbes ocasionados por la naturaleza, ya sea por lluvias o movimientos sísmicos, llegando a perjudicar no solo edificaciones si no pérdidas humanas, ocasionando gastos económicos, para la reconstrucción de las zonas afectadas. Los deslizamientos de laderas en el mundo han cobrado un número considerable de vidas humanas y producidos daños materiales cuantiosos, por lo que resulta necesario establecer posibles criterios que permitan identificar y evaluar su amenaza y riesgo. Siendo uno de los mayores causantes el deslizamiento, el cual dentro del contexto de laderas, se refiere “Al movimiento de una masa de roca, tierra, o detritos pendiente abajo”. Estas calamidades como las inundaciones, erupciones volcánicas y los temblores de tierra, son fenómenos naturales difíciles de predecir, en virtud de que son inciertos. “Fenómeno”, “Incertidumbre” y “consecuencias potenciales” necesitan ser identificados, a fin de definir el riesgo que representan el deslizamiento de una ladera natural. El orden en que se mencionan estos tres (3) términos es también la secuencia seguida por la mayoría de procedimientos de la evaluación del riesgo. Sin embargo, en esta presentación solo se enfatizan los aspectos referentes a la identificación y descripción del peligro (el “Fenómeno”) y la amenaza (la “Incertidumbre”) que podría tener para la población y sus bienes, un posible deslizamiento de laderas. Para lo cual el diseño de la construcción de taludes es un plano de importancia de primer orden, pues el moderno desarrollo de las actuales vías de comunicación, tales como caminos y ferrocarriles, así como el impulso de la construcción de edificaciones se modifican frente a él. **(Ingeniería R., 2011).**

En los últimos años, ha existido un crecimiento poblacional considerable, en el norte de nuestro país, por lo cual se ha tenido que crear nuevas rutas de acceso para la entrada y salida de peatones y de transporte público y privado, hacia estos lugares, y la implantación de soluciones para los diversos problemas que genera la construcción de carreteras y falta de sostén en superficies en donde se genera presión, por lo que se busca estructuras con pendientes para resistir la presión que ejerce la tierra detrás de él, dado que la solución más práctica, es el uso de taludes, siendo este necesario para la exigencia de una alta calidad de diseño. Y dado que el avance de la construcción de carreteras y estructuras viales se ha visto la necesidad de contar con los materiales adecuados para dichas construcciones, por lo que, debe cumplir con las mejores características físicas, químicas, y mecánicas propias de los materiales de buena calidad, siendo los empleados: Arena, agua, cemento y fibras. El empleo de taludes es la respuesta a el uso de estructuras

solididad, para la retención de materiales granulares, que generan peso y presión, sobre una superficie, para lo cual existen taludes que se generan de forma natural, lo cuales tienden a tener diversos problemas, teniendo entre ellos al deslizamiento, por lo que se plantea fabricar un talud, reforzado con fibras, lo cual generara un mayor soporte de carga, ya que las fibras logran una mayor resistencia. **(Ingeniería R., 2011).**

Durante la construcción de los taludes, se tiende a usar morteros convencionales, con lo cual se controlan el desplazamiento de cargas que puede llegar a tener, en la actualidad, cuando hablamos de morteros, se trata de usar las mayores cantidades de arena posible, para disminuir el costo que genera, pero esto trae consigo, consecuencias graves, en donde puede llegar a perderse no solo material, si no vidas humanas, dado que al aumentar la cantidad de arena, se tiende a disminuir la resistencia que estos soportan, por lo que en el ámbito ingenieril se usan proporciones desde, 1 de cemento por 1 de arena, hasta 1 de cemento por 4 de arena, por lo cual se puede atribuir a estos morteros, una alta resistencia, teniendo en cuenta que la resistencia a la flexión, no solo depende de la proporción cemento: arena, si no de la relación agua/cemento que se emplea, así como de los posibles adiciones que se pueda poner, siendo el caso del uso de fibras. Por esto, los morteros deben tener buena plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento; y además, garantizar su adherencia con las unidades de fibras, generando un mayor grado de deformación al aplicarle fuerzas externas. **(Zagoya, A., 2004)**

Paolo Modenese, en su estudio por elaborar un manual de obra donde explica, las propiedades que debe tener un agregado para obtener un mortero de buena calidad, también explican qué proporciones deberían usarse según la aplicación, en donde indica que las proporciones a usar son, desde 1 de cemento: 1 de arena, hasta 1 de cemento: 4 de cemento si el muro soporta carga; 1 de cemento: 5 de arena, si soporta carga baja y 1 de cemento: 6 de arena, si no soporta carga.

Es bien sabido que los costos para fabricar taludes son elevados; lo cuales varían dependiendo: del lugar de ubicación, dimensiones de los taludes, etc. Y los costos son aún mayores, si no soportan la carga deseada, generando deslizamientos de terrenos, llegando a afectar estructuras de viviendas ya construidas, cuando un talud falla, como se muestra en la siguiente imagen, hay un deslizamiento de una carretera y un deslizamiento de un talud natural, el cual afecta a una población.



Figura N°01. Deslizamiento de tierra. (Falla en taludes)

Fuente: El Diario Nacional (2015)

Existen diversos tipos de fibras entre ellas las naturales; las de procedencia vegetal tales como: algodón, lino, yute, ramio, sisal, coco etc., y fibras de procedencia animal como: lana, pelo de angora, pelo de camello, mohair, cachemira, alpaca, seda, entre otro. Pero también hay fibras fabricadas por el hombre (sintéticas), algunas a base de benceno, llamadas fibras de nylon, otras a partir de la condensación de alcoholes y ácidos orgánicos o de hidroxácidos, denominadas fibras poliéster, las fibras acrílicas por la polimerización de radical acrilonitrilo, también hay fibras de origen metálico. En el mercado de la construcción existen diversos tipos de fibras, así como o diversos tipos de empresas que se dedican a la venta de estas; teniendo entre ellas a “CHEMA”, la cual dentro de sus productos ofrece, Chema Fibra Ultrafina, que es reductora de microfisuras en concreto/mortero y Chema Fibra Acrílica, la cual mejora las propiedades mecánicas del concreto. Pero una de las marcas más conocidas en el Perú, es “SIKA”, que en sus productos no solo ofrece fibras poliméricas, si no también fibras metálicas, entre ambos tipos tenemos a: SikaCem-1 Fiber, Sikafiber PE, Sika Fiber CHO 65/35 NB, Sika Fiber CHO 80/60 NB, Sika Fiber Force PP-48 y Sika Fiber LHO 45/35 NB.

Existen taludes de diversas dimensiones, desde pequeños que soportan el peso de los componentes de una carretera, hasta taludes que cargan con una gran presión como las de masas de tierra dentro una yacimiento minero, entonces es apropiado determinar el costo que implica el uso de taludes, en las diferentes ubicaciones geográficas, para lo cual es importante saber los precios de os materiales empleados, en la siguiente tabla, se muestra los precios de cada material empleado en el uso de morteros, siendo este el casi aplicado en taludes y reforzados con fibras.

Tabla N°01. Resumen de costeo de materia prima

Material	Cantidad	Unidad	Masa (Kg)	Precio (S/.)
Agregado fino	1	m ³	1000	40
Cemento	1	bolsa	42.5	23.5
SIKA FIBER CHO 6535	1	bolsa	20	203.70
SIKA FIBER FORCE PP48	1	bolsa	5	138.00

Uno de los elementos más importantes de una carretera viene a ser los taludes, los cuales vienen hacer cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. Ya sean ladera (taludes naturales), o taludes con intervención del hombre; los problemas existentes, son dados por las fallas del terreno, los tipos de suelos, la inclinación de su pendiente, la capa freática, clima de la zona y los procesos hidrológicos que ocurren en la zona, donde se encuentra ubicado el talud, con lo cual estamos hablando de vidas humanas y pérdidas económicas, siendo los deslizamientos de taludes, los hechos más costosos para un proyecto, generando accidente y bloqueos de vías, teniendo como claro ejemplo en nuestro país, el del acantilado de la Costa Verde en Lima. Actualmente existen nueve puntos críticos en la Costa Verde, en donde el deslizamiento de tierra y piedras es usual. Un sismo podría provocar la caída de grandes rocas y afectar la vida de miles de personas. **(Montoya J., 2013)**

Una de las fallas más comunes en los taludes son en su gran mayoría, los deslizamientos, meteorización, erosión y hundimiento, siendo el problema de deslizamiento el más grave de todos, esto ocurre cuando los esfuerzos que tienen que actuar sobre ellos sobrepasan la resistencia de los materiales que la compone, esto puede ser producido por la gravedad, presión de poros, el movimiento de las placas tectónicas, entre otros, además La resistencia de los taludes puede ser modificada por diversos factores como los vegetales, el clima. **(Ingeniería R., 2011).**

En la provincia de Trujillo, donde se realiza esta investigación hay riesgo por deslizamiento de taludes entre el km 45 al km 60 parte del tramo II de la carretera Shirán – Otuzco, dicha carretera está ubicada en el sector noreste de la ciudad de Trujillo y atraviesa los poblados del Platanar, Samne, Plazapampa y Casmiche, que han construido sus casas a los costados de la mencionada carretera, estando sus construcciones en condición de riesgo inminente producto del riego inadecuado de parcelas y deslizamientos por movimiento de ladera debido a trabajos de empresas mineras que exploran en dicha zonas, unido a la falta de conocimiento por parte de los pobladores a deslizamiento de taludes, en las partes altas de sus poblados.

Para un mejor proceso constructivo en taludes y evitar el deslizamiento de tierra, piedras en carreteras y acantilados, una de las alternativas que se está utilizando es el uso de geo mallas y mallas metálicas los cuales elevan los costos y no está al alcance de todos, es por eso que es importante buscar soluciones a los problemas generados por falta de economía y aprovechar materiales alternativos, por lo tanto es necesario la investigación para dar soluciones innovadoras, como la utilización de la fibra de acero que sirvan para la mejora de las propiedades del mortero. A lo largo de los años ha sido una práctica común el uso de fibras para mejorar las propiedades del concreto como la resistencia y la durabilidad. Considerando lo anterior se entiende que es necesario, un diseño de mezcla para taludes, que no genere altos costos y que sea consistente, para lo cual nuestra investigación, da como solución el uso de fibras metálicas y propileno, con informaciones precisas de productos que, contando con un contraste determinado, puedan ser incorporados a la elaboración de morteros para taludes de una alta calidad, mostrando de la misma manera alternativas de diseño para adiciones de fibras ya sea de materiales metálicos o poliméricos.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la adición de fibras de plástico y metal, sobre la resistencia a la flexión, en morteros para taludes?

1.3. Justificación

Las carreteras de penetración de la mayor parte de la Sierra, presentan diversos tipos de taludes, ya sean hechos de manera natural a través del tiempo (laderas) o por la intervención del hombre para su construcción; por lo que deberían ser resistentes ante eventos naturales causados por las lluvias, erosión fluvial o por sismos, para evitar deslizamientos de los mismos, evitando pérdidas humanas y gastos adicionales en los proyectos o gastos en reparaciones innecesario.

El presente estudio nos permitirá profundizar un poco más en uno de los métodos más usados para estabilizar taludes, denominado con la palabra inglesa “shotcrete”, cuyo componente principal es el mortero para taludes, dado que es un material muy usado en el país en túneles hidráulicos, túneles y taludes mineros. Las empresas Marsa, Poderosa, Yanacocha, entre otros, usan grandes volúmenes de concreto que se producen actualmente en la industria de la construcción, lo cual genera que se realicen mejoras u optimizaciones en la tecnología del mismo. Es por eso que se tiene que realizar diferentes investigaciones a la aplicación del mortero reforzado con fibra metálicas y plásticas, lo cual

permitirá incrementar mejoras en el material del mortero, a su vez optimizaciones en los diseños de dichas estructuras, ya que el rol principal de las fibras está ligado a: reducir la fisuración por asentamientos (revenimiento), reducir la fisuración por contracción plástica, disminuir la permeabilidad, incrementar la resistencia a la abrasión y al impacto.

Para comprender las propiedades que puede llegar a obtener los morteros reforzados con fibras, es necesario realizar estudios para mejorar las propiedades físicas, químicas y mecánicas del material compuesto de cemento, agua, arena y fibra, para lo cual se realizarán ensayos mecánicos, físicos e incluso químicos. Entre dichos ensayos tenemos los fisicoquímicos del agregado fino, como: la salinidad, conductividad, sulfatos, sólidos totales suspendidos y el pH, cuyos valores deben estar dentro de un margen establecido, de lo contrario, esto afectará a la corrosión de la fibra metálica y posiblemente en su resistencia a la flexión. Si hablamos de ensayos físicos y mecánicos, tenemos: análisis granulométrico, absorción, peso específico, humedad, peso unitario suelto, peso unitario compacto. Otro ensayo que se realizará será el de resistencia a la flexión, que nos indica la carga máxima que puede soportar en una determinada probeta, en 2 puntos. Todo esto servirá de aporte a la comunidad técnica, científica y empresarial, acerca del comportamiento de este tipo de mortero, con el uso de fibras metálicas y poliméricas contribuyendo a mejorar la calidad del diseño con miras a optimizar su desempeño estructural e incrementando la seguridad de las personas que hacen uso de nuestra red vial.

El cemento es uno de los materiales más usados en la elaboración del mortero de taludes, y una de las marcas más conocidas y consumidas en todo el norte del país, es “Cemento Pacasmayo”, el cual es fabricados, bajo la norma ASTM C150, cuyo producto de mayor demanda es el cemento Pacasmayo, Tipo I, el cual es uno de los más usados en construcciones e incluso es uno de los más comunes en el mercado, ya se sea por su precio o por el uso general que este presenta, brindando buena resistencia a la compresión, mejor maleabilidad y moderado calor de hidratación.

En la provincia de Trujillo, existen diversas canteras; en las que se explotan los agregados para la construcción; entre ellos el agregado fino, y entre las canteras con mayor demanda está la cantera “San Idelfonso”, además de ser una de las canteras con mejores propiedades fisicoquímicas, por lo cual se adquirió material de dicha cantera.

Dentro de los parámetros que se desean evaluar en los morteros reforzados con fibras, aplicado a taludes, están la carga máxima por flexión que puede soportar, para lo cual

se hizo el ensayo de resistencia a la flexión en 3 puntos; dos puntos de soporte y uno de aplicado de carga, además de ser este ensayo el más usado cuando se hace una investigación de morteros reforzado con algún tipo de fibra.

Gómez, M., y colaboradores, en su investigación en el año 2011, menciona que, en el ámbito ingenieril, cuando se habla de estabilización de taludes, al ser elementos que soportan cargas, se recomiendan usar proporciones como máximo hasta 1 de cemento: 5 de arena, es decir proporciones con un alto contenido de cemento. Para lo que en nuestra investigación se optó por la proporción 1 de cemento:2 de arena, lo cual es considera una proporción rica en cemento, además en los taludes el mortero tiene q ser aplicado con el uso de equipos, con lo que sería un mortero proyectado por vía húmeda, cuya proyección se realizara mediante aire comprimido a alta velocidad, dicho en otras a palabras, la fluidez del mortero reforzado con fibras, no puede ser fluido, porque con la presión aplicada se tendría una distribución no homogénea de los componentes, en cambio al ser muy seco, se obstruiría el mortero en la boquilla, entonces como en el mortero empleado tiene que tener una fluidez adecuada, se optó por usar una relación cemento/arena, con baja cantidad de agregado fino, para que no sea una mezcla muy seca.

Consideramos que el uso de fibras sintéticas poliméricas o metálicas, permite la mejora de sus propiedades mecánicas, minimizando los gastos de fabricación, ya que el uso de fibras disminuirá el volumen que se usa en la fabricación de los taludes convencionales, brindándole mayor capacidad de soporte de carga y un mayor grado de deformación elástica en los taludes.

Finalmente, esta investigación, es un aporte a la comunidad investigadora, ya que contribuye a la solución uno de los principales problemas que se presenta en nuestra red vial, con lo cual se cumple uno de los principales objetivos de la profesión que es el poner la Ingeniería Civil y la ciencia al servicio de la sociedad.

1.4. Limitaciones

En la ejecución de este estudio, como en toda investigación científica, hay parámetros y/o dificultades que afectan el buen desempeño de esta, siendo en este caso: Horarios de trabajo dado que, al tener un horario de entrada y salida, en el lugar donde laboramos, esto nos limita.

1.5. Objetivos

Objetivo General

- Determinar la Influencia a la adición de fibras de plástico y metal, sobre la resistencia a la flexión en morteros para taludes.

Objetivo Específico

- Evaluar la mejor adición de SIKA FIBER FORCE PP48, para obtener mejores resultados en la resistencia a la flexión en morteros para taludes.
- Analizar la mejor adición de SIKA FIBER CHO 6535, para obtener mejores resultados en la resistencia a la flexión en morteros para taludes.
- Determinar el costo promedio para la fabricación de taludes con SIKA FIBER FORCE PP48 y SIKA FIBER CHO 6535.

1.6. Hipótesis

- A medida que aumenta la adición de SIKA FIBER FORCE PP48, aumenta la resistencia a la flexión, en mortero para taludes.
- A medida que aumenta la adición de SIKA FIBER CHO 6535, aumenta la resistencia a la flexión, en mortero para taludes.

1.7. Tipos de investigación

- a. De acuerdo al fin que se persigue: Aplicada
- b. De acuerdo al diseño de investigación: Experimental

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

- **Gómez, M., y colaboradores.** En el año 2011, en la Pontificia Universidad Católica de Chile, en su investigación, “Influencia del Polietileno de Alta Densidad (PEAD) usado como adición en el mortero de cemento”, tuvo como objetivo determinar, el cambio en las propiedades de un mortero de cemento al agregar PEAD, proveniente de bolsas de polietileno, agregadas en la mezcla en una proporción de 0,2%, 0,5% y 0,8% del peso del cemento, en donde se realizaron análisis de resistencia a flexión, a compresión, permeabilidad a la penetración de iones cloruro, a la carbonatación y absorción capilar; en el cual se concluyó en una baja para las resistencias a flexión, de una probeta patrón (0% de PEAD) con un valor de 65 kg/cm², determinándose los siguientes valores 60, 62, 50 kg/cm², para un dosificaciones de 0,2%, 0,5% y 0,8% de PEAD, respectivamente; concluyendo en que a medida que se aumenta el porcentaje de PEAD, disminuye la resistencia a la flexión de los morteros de cemento.
- **Villaroel, M.,** en el año 2014. en su investigación de “Morteros reforzados con fibras de polipropileno, resistencia a la flexión y compresión”, en el año 2001; analizo el comportamiento del concreto reforzado con fibras plásticas de polipropileno, mediante la determinación de las características y propiedades de los materiales que en él intervienen, así como de la caracterización de su resistencia ante diversas acciones, mediante el empleo porcentajes de fibra, ligeramente bajas, 0.10%. 0.25%, 0.50% y 0.75%, en base al cemento, determinando que, a mayor cantidad de fibra empleada, aumenta la resistencia a la flexión en las viguetas, concluyendo en una resistencia a la flexión máxima de 102.59 kg/cm², cuando se usó la cantidad máxima de fibra, y un valor mínimo de 63.14kg/cm², cuando se usó la mínima cantidad. De la misma manera hizo una comparación en la resistencia a la flexión en el transcurrir del tiempo, comparando el valor de resistencia a la flexión, de unidades ensayas a 7 días y a 28 días, concluyendo que, a 28 días de curado, alcanzo mejores valores.
- **Rodríguez, J. Y Segura, V.,** en el año 2013, en la Universidad Politécnica de Valencia, en su estudio: “Análisis comparativo del efecto de los distintos tipos de fibras en el comportamiento post fisura del hormigón reforzado con fibras”, empleo distinta fibras metálicas y plásticas, teniendo entre las utilizadas a Dramix RC-65/35-BN y Dramix RC-80/35-BN, de la primera mencionada y fibras plástica tales como: Enduro 600 y Sika Fiber M 48; y adicionalmente trabajo con fibra de vidrio Anti-Crak Hp de alto rendimiento. Realizando ensayos de resistencia la compresión y resistencia a la flexión, con probetas circulas y rectangulares, respectivamente. Siendo para las rectangulares 15 cm de ancho

y 60 cm de largo, sus dimensiones, consideradas como viguetas; concluyendo que para las unidades sin fibra, alcanzo valores 11KN a 17.5 KN, de fuerza, mientras que para las fibras metálica de Dramix RC-65/35-BN, alcanzo valores de 12.9 KN y 13.8 KN, para dosificaciones de 15 kg/m³ y 20 kg/m³, y fibras metálicas Dramix RC-80/35-BN, alcanzo valores de 12.3 KN y 11.8 KN, para dosificaciones de 15 kg/m³ y 20 kg/m³. Concluyendo, que a mayor cantidad de dosificación alcanza mayores valores de fuerzas y que la mejor fibra metálica a usar es la fibra Dramix RC-65/35-BN. Y respecto a las fibras plásticas, que Enduro 600 y con una dosificación de 4 kg/m³, alcanzo valores de 17.2 kg/m³; con sika fber M48, y con dosificaciones de 4 kg/m³ y 5 kg/m³, 16.1 KN y 14 KN, respectivamente: a comparación de con fibra de vidrio que alcanzo valores de 18.2 KN y 15.9 KN, para dosificaciones de 4 kg/m³ y 5 kg/m³. Concluyendo que las fibras con mejores propiedades, son: Dramix RC-65/35 y la fibra de vidrio.

- **Gonzalo, S. Y Zanuy, C.** En el año 2017; en la Universidad Ricaldo Palma, en Lima-Peru, realizao la investigación de “Resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras metálicas”, en las cuales emplearon 2 tipos diferentes de fibras y con dosificación del 0.5 % y 1%; alcanzando valores de resistencia a la flexión de 6.8 MPa y 7.8 MPa, para la dosificación más baja, y para la dosificación 1%, alcanzo valores de 11.1 MPa y 9.5 MPa. Y energías de fractura de 0.28 KN/m, 6.75 KN/m, 1.85 KN/m, 9.04 KN/m y 4.39 KN/m, respectivamente. Concluyendo que, a mayor cantidad de fibra empleada, mejor resultados se adquirieron.
- **Muños, F.** En el año 2013, en su investigación “Comportamiento Mecánico del Hormigón Reforzado con Fibra de Polipropileno Multifilamento: Influencia del Porcentaje de Fibra Adicionado” en la Universidad de Valencia, el año 2011, se estudió el comportamiento del hormigón con adiciones de fibras de polipropileno, y con el uso de 2 cementos diferentes, a los que codifico como CEM I/52.5R y CEM II/B-V; y con porcentajes de fibra 0%, 5%, 10% y 15%, de fibra para la primera antes mencionada y 0%, 5%, 10% y 20%, de fibra para la otra. Utilizando unidades de dimensiones de 160 mm x40 mm x40 mm. Alcanzando valores de resistencia a flexión de 19.77 MPa, 10, 15 MPa y 15.58 MPa, para los porcentajes de fibra (0%, 5%, 10% y 15%) y tipo de cemento (CEM I/52.5R) y 12.85 MPa, 11.67 MPa, 10.55 MPa y 13.13 MPa, para los porcentajes de fibra (0%, 5%, 10% y 20%) y tipo de cemento (CEM II/B-V).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Talud

Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. No hay duda que el talud

constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable. Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación; en el corte, se realiza una excavación en una formación térrea natural (desmontes), en tanto que los taludes artificiales son los lados inclinados de los terraplenes. En ciertos trabajos de la Ingeniería Civil es necesario utilizar el suelo en forma de talud como parte de la obra. Tal es el caso de terraplenes en caminos viales, en presas de tierra (como la Presa Retardadora del Ludueña, Rosario), canales, etc. (Angelone, S.,2010)

2.2.1.1. Partes de un talud

En un talud o ladera se definen los siguientes elementos constitutivos:

- **Pie, pata o base**, El pie corresponde al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte inferior del talud o ladera. La forma del pie de una ladera es generalmente cóncava.
- **Cabeza**, cresta, cima o escarpe Cabeza se refiere al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte superior del talud o ladera. Cuando la pendiente de este punto hacia abajo es semi-vertical o de alta pendiente, se le denomina “escarpe”. Los escarpes pueden coincidir con coronas de deslizamientos. La forma de la cabeza generalmente es convexa.
- **Altura**, Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza generalmente no son accidentes topográficos bien marcados.
- **Altura de nivel freático** Es la distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua (la presión en el agua es igual a la presión atmosférica). La altura del nivel freático se acostumbra medirla debajo de la cabeza del talud.
- **Pendiente** Es la medida de la inclinación de la superficie del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m:1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: $45^\circ = 100\% = 1H:1V$.

Los suelos o rocas más resistentes generalmente forman laderas de mayor pendiente y los materiales de baja resistencia o blandos, tienden a formar laderas de baja pendiente.

También existen otros factores topográficos en los taludes, los cuales se requiere definir, tales como: longitud, convexidad (vertical), curvatura (horizontal) y área de la cuenca de drenaje, los cuales pueden tener influencia sobre el comportamiento geotécnico del talud.

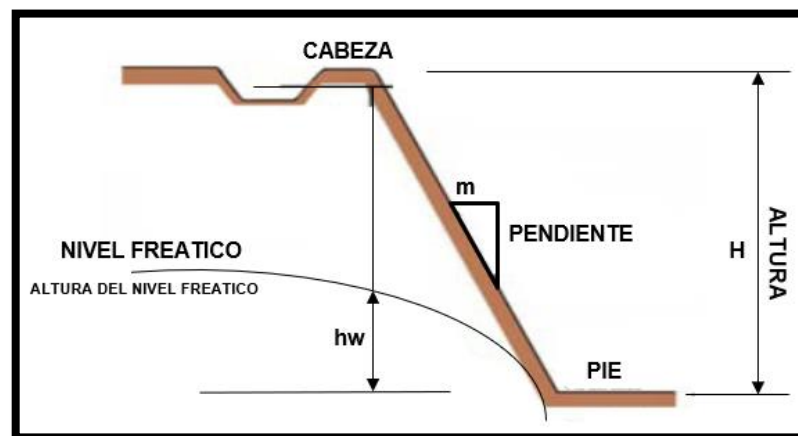


Figura N°02. Partes de un talud

Fuente: Estabilidad para taludes, La sultana (2001)

2.2.1.2. Deslizamientos

Cualquier talud está sujeto a fuerzas naturales que tienden a hacer que las partículas y porciones de suelo próximas a su frontera deslicen hacia abajo. Se refiere esta falla al proceso más o menos continuo, y por lo general lento, de deslizamiento ladera abajo que se presenta en la zona superficial de algunas laderas naturales. El creep suele involucrar a grandes áreas y el movimiento superficial se produce sin una transición brusca entre la parte superficial móvil y las masas inmóviles más profundas. No se puede hablar de una superficie de deslizamiento. **(De Matteis, A., 2003)**

Partes de un Deslizamiento:

- **Cabeza:** Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.
- **Cima.** El punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

- **Escarpe principal.** Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla.
- **Escarpe secundario.** Superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.
- **Superficie de falla.** Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de ésta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.
- **Pie de la superficie de falla.** La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- **Base.** El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
- **Punta o uña.** El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
- **Cuerpo principal del deslizamiento.** El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varios cuerpos en movimiento.
- **Superficie original del terreno.** La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
- **Costado o flanco.** Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo.

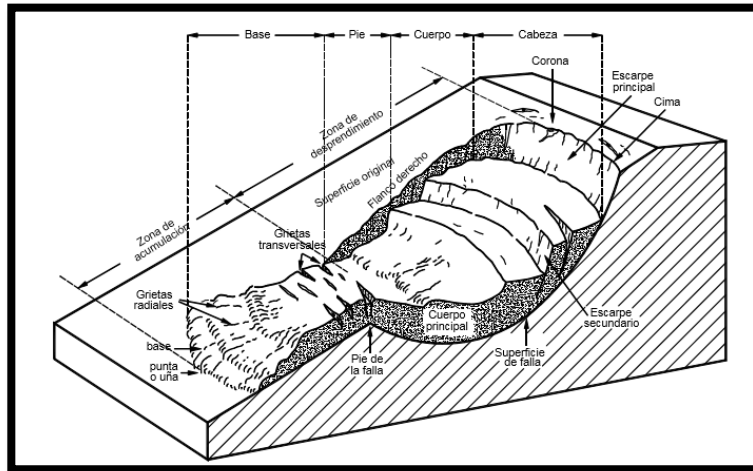


Figura N°03. Partes de un deslizamiento

Fuente: Partes de un deslizamiento, La Sultana (2001)

2.2.1.3. Velocidad de deslizamiento

Los deslizamientos pueden ser extremadamente lentos, teniendo una velocidad de $10E-7$ mm/s o muy rápidas alcanzando una velocidad de $10E4$ mm/s. Según su actividad en el medio se pueden clasificar en Fósiles, Activos e Inactivos. Deslizamientos Activos: Taludes en constante movimiento o se tienen registros en donde se señala que en las últimas temporadas se han ido moviendo, las superficies de falla son fáciles de reconocer. Deslizamientos Inactivos: No se tienen registro de movimientos o pruebas que evidencien movimiento de estos taludes en las últimas temporadas, pueden ser reactivados por factores naturales como el clima, o los movimientos telúricos. Deslizamientos fósiles: Son inmóviles y no pueden reactivarse al menos que la mano del hombre ayude en este proceso. (De Matteis, A., 2003)

2.2.1.4. Causas de deslizamiento

Según datos estadísticos se sabe que el 40 % de deslizamientos ocurren a causa de fuertes lluvias. El estudio de los deslizamientos ocurridos se hace mediante los métodos tradicionales de análisis de estabilidad tomando como ingreso que el suelo se encuentra saturado.

Actualmente, existen otros métodos como el de tomar un modelo de corte del talud con su estado de esfuerzos actual, sin modificar sus propiedades como tomarlo saturado o con la presión de poros actuando en compresión.; este

último modelo se hace debido a que existen estudios que demuestran que existen deslizamientos ocurriendo en las zonas no saturadas del talud.

Existe una fuerte relación entre lo que dura una intensa precipitación de lluvia y la variación de la presión de poros en el suelo.

2.2.1.5. Tipos de fallas más comunes en los taludes de las vías terrestres

En primer lugar se distinguen las que afectan principalmente a las laderas naturales de las que ocurren sobre todo en los taludes artificiales:

a) Factores Geomorfológicos:

- Topografía de los alrededores del talud.
- Distribución de las discontinuidades y estratificaciones.

b) Factores internos:

- Propiedades mecánicas de los suelos constituyentes.
- Estados de esfuerzos actuantes.
- Factores climáticos y concretamente el agua superficial y subterránea.

Se presentan a continuación las fallas más comunes de los taludes en las vía terrestres. En primer lugar, se distinguen las que afectan principalmente a las laderas naturales de las que ocurren sobre todo en los taludes artificiales.

A) Fallas ligadas a la estabilidad de las laderas naturales.

Se agrupan en esta división las fallas que ocurren típicamente en laderas naturales, aun cuando de un modo u otro también pudieran presentarse de manera ocasional en taludes artificiales. La inclinación de este talud tiene que ser suficientemente suave y/o su altura suficientemente pequeña para que sea estable. La inclinación del talud una vez que ha cesado el vertido talud máximo para el cual el material estable se denomina ángulo de reposo. El talud tendrá una inclinación media aproximadamente igual al ángulo de reposo que tendría si el material se vertiera directamente.

B) Deslizamiento superficial asociado a falta de resistencia por baja presión de confinamiento (Creep).

Se refiere esta falla al proceso más o menos continuo y por lo general lento de deslizamiento ladera abajo que se presenta en la zona superficial de algunas laderas naturales. En aras de la economía del lenguaje se utilizará en lo que sigue la palabra inglesa “creep” para referirse a ella, si bien eventualmente se podrá usar la expresión “deslizamiento superficial”. El creep suele afectar a grandes áreas y el movimiento superficial se produce sin una transición brusca entre la parte superficial móvil y las masas inmóviles más profundas. El creep suele deberse a una combinación de las acciones de las fuerzas de gravedad y de otros varios agentes.

C) Fallas asociadas a procesos de deformación acumulativa, generalmente relacionada con perfiles geológicos desfavorables.

Se refiere este título al tipo de fallas que se producen en las laderas naturales como consecuencia de procesos de deformación acumulativa, por la tendencia de grandes masas a moverse ladera abajo. Este tipo de fallas quizá es típico de laderas naturales en depósitos de talud o en otras formaciones análogas en cuanto a génesis geológica, formada por materiales bastante heterogéneos, no consolidada y bajo la acción casi exclusiva de las fuerzas gravitacionales. Dado el largo tiempo que tales esfuerzos gravitacionales actúan en los materiales del interior de la ladera, la resistencia al esfuerzo cortante podrá degradarse por procesos de deformación acumulativa y en ciertas zonas dentro de la ladera se desarrollarán estados de creep profundo, en el sentido utilizado por Goldstein y Ter-Stepanian. Según estos autores, se desarrollan estados de deformación continua muy lenta en aquellas zonas del interior de la ladera en que existan concentraciones locales de esfuerzos cortantes.

D) Falla por deslizamiento superficial

Cualquier talud está sujeto a fuerzas naturales que tienden a hacer que las partículas y porciones del suelo próximas a su frontera deslicen hacia abajo; el fenómeno es más intenso cerca de la superficie inclinada del talud a causa de la falta de presión normal confinante que allí existe. El fenómeno se pone de manifiesto a los ojos del ingeniero por una serie de efectos notables, tales como inclinación de los árboles, por efecto del

arrastrado producido por las capas superiores del terreno en que enraízan, movimientos relativos y rupturas de bardas, muros etc.; acumulación de suelos en las depresiones y valles y falta de los mismos en las zonas altas.

F) Deslizamiento en laderas naturales sobre superficies de falla preexistentes

En muchas laderas naturales se encuentra en movimiento hacia abajo una costa importante del material; producido por un proceso de deformación bajo esfuerzo cortante en partes más profundas, que llega muchas veces a producir una verdadera superficie de falla. Estos movimientos, a veces son tan lentos que pasan inadvertidos.

G) Falla por movimiento del cuerpo del talud

En contraste con los movimientos superficiales lentos, pueden ocurrir en los taludes movimientos bruscos que afectan a masas considerables de suelo, con superficies de falla que penetran profundamente en su cuerpo. Estos fenómenos reciben comúnmente el nombre de deslizamiento de tierras. Dentro de estos existen dos tipos claramente diferenciados. En primer lugar, un caso en el cual se define una superficie de falla curva, a lo largo de la cual ocurre el movimiento del talud; estas son las fallas llamadas por rotación. En segundo lugar, se tienen las fallas que ocurren a lo largo de superficies débiles, asimilables a un plano en el cuerpo de talud o en su terreno de cimentación. Las fallas por rotación pueden presentarse pasando la superficie de falla por el pie del talud, sin interesar el terreno de cimentación o pasando adelante del pie.

H) Flujos

Se refiere este tipo de falla a movimientos más o menos rápidos de una parte de la ladera natural, de tal manera que el movimiento en sí y la distribución aparente de velocidades y desplazamientos recuerda el comportamiento de un líquido viscoso. La superficie de deslizamiento o no es distinguible o se desarrolla durante un lapso relativamente breve; es también frecuente que la zona de contacto entre la parte móvil y las masas fijas de la ladera sea una zona de flujo plástico. El material susceptible de fluir puede ser cualquier formación no consolidada, y así el fenómeno puede presentarse en fragmentos de roca, depósitos de

talud, suelos granulares finos o arcillas francas; son frecuentes los flujos en lodo.

I) Flujo en materiales relativamente secos

En este grupo quedan comprendidos, en primer lugar, los flujos de fragmentos de roca, desde los muy rápidos (avalanchazas) hasta los que ocurren lentamente. Estos movimientos pueden explicarse en términos de la falla plástica de los contactos profundos entre los fragmentos de roca y, consecuentemente, afectan siempre grandes masas de fragmentos y suelen ser de catastróficas consecuencias. En segundo lugar, los flujos en suelos, relativamente secos ha ocurrido en “loess”, asociadas muchas veces a temblores. En este caso, aparentemente, el efecto del temblor fue causar una muy rápida destrucción de la estructura del material, produciendo una verdadera licuación, pero con el aire jugando el papel que en estos fenómenos por lo común corresponde al agua. Fenómenos similares se han registrado en arenas secas.

J) Flujos en materiales húmedos. Flujos de lodos

Se trata ahora de flujos que requieren una proporción apreciable de agua contenida en el suelo, la cual desempeña un papel en la génesis y naturaleza de la falla; existe amplia graduación en la cantidad de agua que pueden contener los materiales, así como en el papel que ésta llega a tener en el desarrollo de la falla. Los flujos en materiales húmedos se denominan flujos de lodo cuando es muy elevado el contenido de agua de los materiales, por lo menos en la zona de fluencia, pero naturalmente no hay una distinción clara entre los “flujos de tierra” y los “flujos de lodo”. A veces se habla también de “flujo de detritus”, cuando el material que fluye contiene porcentaje, apreciable del orden un 50%, por lo menos de graves, boleos o fragmentos de rocas, embebidos en la matriz, de suelo más fino, tal como es común que suceda en los depósitos de talud o en muchas laderas de suelos residual. Los flujos de tierra en materiales terrenos no demasiado húmedo se desarrollan típicamente en el pie de los deslizamientos de tipo rotacional en el cuerpo del talud, que se describen más adelante y a veces ocurren en forma extraordinariamente rápida, como movimiento secundario del deslizamiento que tuvo lugar primeramente.

K) Fallas por erosión

Estas también son fallas de tipo superficial provocadas por arrastres de viento, agua, etc., en los taludes. El fenómeno es tanto más notorio cuando más empinadas sean las laderas de los taludes. Una manifestación típica del fenómeno suele ser la aparición de irregularidades en el talud, originalmente uniforme. Desde el punto de vista teórico esta falla suele ser imposible de cuantificar detalladamente, pero la experiencia ha proporcionado normas que la atenúan grandemente si se las aplica con cuidado.

L) Fallas por licuación

Estas fallas ocurren cuando en la zona del deslizamiento el suelo pasa rápidamente de una condición más o menos firme a la correspondiente a una suspensión, con pérdida casi total de resistencia al esfuerzo cortante. Estas fallas ocurren en arcillas extrasensitivas y arenas poco compactas, las cuales, al ser perturbadas, pasan rápidamente de una condición más o menos estable o una suspensión, con la pérdida casi total de la resistencia al esfuerzo cortante. Las dos causas que puede atribuirse esa pérdida de resistencia son: incremento de los esfuerzos cortantes actuantes y desarrollo de la presión de poros correspondiente, y por el desarrollo de presiones elevadas en el agua intersticial, quizás como consecuencia de un sismo, una explosión, etc. En Venezuela existen arenas con estas características al sur del Lago de Valencia, en Guigue.

M) Fallo por falta de capacidad de carga en el terreno de cimentación

Este tipo de fallo se produce cuando el terreno tiene una capacidad de carga inferior a las cargas impuestas. Este tipo de fallas sucede a menudo en el área metropolitana, debido a que se construye sobre rellenos no compactados o con un bajo nivel de compactación. En el caso de las fundaciones, se colocan fundaciones superficiales en un terreno de baja capacidad de soporte o pilotes cuya profundidad no alcanzó el terreno firme. También ocurre el caso de construcciones muy pesadas para el terreno en el que están situadas. Como éstos existen infinidad de casos adicionales, los cuales ocuparían una publicación completa.

N) Falla rotacional

Se describe ahora los movimientos rápidos o prácticamente instantáneos que ocurren en los taludes y que afectan a masas profundas de los mismos con deslizamiento a lo largo de una superficie de falla curva que se desarrolla en el interior del cuerpo de talud, interesando o no al terreno de cimentación. Se considera que la superficie de falla se forma cuando en la zona de su futuro desarrollo actúan material. Estos movimientos son típicos de los cortes y los terraplenes de una vía terrestre. Las fallas del tipo rotacional pueden producirse a lo largo de superficies de fallas identificables con superficies cilíndricas o conoidales cuya traza con el plano del papel sea un arco de circunferencia por lo menos con razonable aproximación; la cual, como se verá, resulta muy conveniente en el momento en que se desee establecer algún modelo matemático de falla que permita un cálculo numérico, o pueden adoptar formas algo diferentes, en la que por lo general influyen la secuencia geológica local, el perfil estratégico y la naturaleza de los materiales. Desde luego las fallas rotaciones de formas circular ocurren por lo común en materiales arcillosos homogéneos o en suelos cuyo comportamiento mecánico esté regido básicamente por su fracción arcillosa.

O) Falla traslacional

Estas fallas por lo general consisten en movimientos trasnacionales importantes del cuerpo del talud sobre superficies de fallas básicamente planas, asociadas a la presencia de estratos pocos resistentes localizados a poca profundidad bajo el talud. La superficie de falla se desarrolla en forma paralela al estrato débil y se remata en sus extremos por dos cantiles, por lo general formados por agrietamientos. Los estratos débiles que fomentan estas fallas son por lo común de arcillas blandas o de arenas finas o limos no plásticos sueltos. Con mucha frecuencia, la debilidad del estrato esta ligada a elevadas presiones de poros en el agua contenidas en las arcillas o a fenómenos de elevación de presión de agua en estratos de arena (Acuíferos). En este sentido las fallas pueden estar ligadas también al calendario de las temporadas de lluvias en la región. Las fallas de una franja superficial son típicas de laderas naturales formadas por materiales arcillosos productos de meteorización de las formaciones originales. Se suelen provocar por el efecto de la sobre carga impuesta por un terraplén construidos sobre la

ladera. En esta falla el movimiento ocurre casi sin distorsión. Este tipo de fallas abarca movimientos en que se combinan la rotación y la traslación dando lugar a superficies de fallas compuestas en que se desarrollan zonas planas a la vez que tramos curvos, asimilables a arcos circulares.

P) Fallas con superficies compuestas

En general, estas superficies están predeterminadas por la presencia de heterogeneidades dentro del talud. En general es el predominio de las partes circulares o planas el que sirve para clasificar la falla como rotacional o traslacional, quedando la categoría de fallas compuestas para los casos en que ambas curvas se reparten más o menos por igual. Las fallas compuestas suelen producir la distorsión de los materiales, que es típica de las fallas circulares.

Q) Fallas Múltiples

Se trata ahora de estudiar aquellas fallas que se producen con varias superficies de deslizamientos, sean simultáneas o en rápida sucesión. Conviene distinguir las fallas sucesivas y las regresivas. Ambas son comunes en laderas naturales. (Zagoya, A., 2004)

2.2.1.6. Tipologías de fallas

En general se toma superficie de falla circular

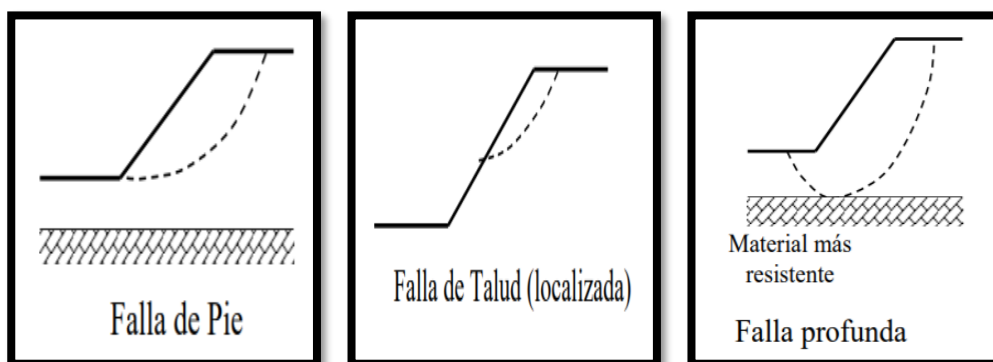


Figura N°04. Fallas de un talud

Fuente: Ingeniera real (2011)

2.2.2. Mortero

Un material que usamos en la obra de albañilería, obtenido mezclando uno o más elementos aglomerantes, arena, agua y eventualmente algún aditivo. Obtenemos un pétreo artificial cuya pasta adhesiva está constituida por compuestos resultantes de la combinación de un aglomerante con agua o con componentes de la atmósfera. La pasta adhesiva da cohesión al conjunto de materiales granulares llamados agregados, que en el caso de los morteros son agregados finos (tamaño menor a 3 mm). El producto obtenido debe ser una masa plástica y trabajable capaz de unir mampuestos (ladrillos, ticholos, bloques de concreto, baldosas) entre sí o con una base y también realizar revoques. Frecuentemente utilizamos un conjunto de materiales que se incorporan a los morteros para modificar o mejorar ciertas propiedades, llamados aditivos. Resumiéndolo en la tabla siguiente: (López G., 2008)

Tabla N° 02. Componentes y fases del mortero

	Fases	Componentes
Mortero	Pasta	Aglomerante
		Agua
		Aditivos y adiciones activas
	Agregado Fino	Arena
	Aire	Aire incorporado naturalmente
		Aire incorporado intencionalmente

Fuente: López G. (2008)

2.2.2.1. Características del mortero

a. Plasticidad

Propiedad del mortero fresco, de la que depende la mayor o menor aptitud para poder tenderlos y rellenar completamente las juntas. De la plasticidad depende lograr buena unión entre los elementos constructivos, cuando colocamos mampuestos, así como para disminuir la penetración de agua en los cerramientos terminados. La determinación de la plasticidad se puede considerar haciendo medidas de consistencia en cono de Abrams y limitando el contenido de finos. Consistencia media de 17 a 18 cm. y un contenido de finos < 15% en peso, o 10% si se usan plastificantes. (Referencia de la norma española NBE FL 90).

b. Adherencia:

La adherencia puede entenderse debida a la penetración de la pasta del mortero en el elemento de albañilería - mampuesto, sustrato - provocada por la succión capilar que este ejerce.

c. Propiedades mecánicas de los morteros

Los morteros empleados en la unión de piezas de mampostería, resultan de la mezcla de arena y agua con un material cementante (cemento, cal, y cemento de albañilería). Las propiedades del mortero que más influyen en el comportamiento estructural de los elementos de mampostería, son deformabilidad y adherencia con las piezas; así mismo, de la deformabilidad depende en gran medida las deformaciones totales del elemento y en parte su resistencia a carga vertical.

d. Propiedades en estado plástico

Cuando los morteros se encuentran en estado manipulable, estos presentan ciertas características que definen su comportamiento e influyen en cómo reaccionará en estado endurecido.

e. Trabajabilidad

Mide la facilidad de colocación de mezcla en las unidades de mampostería o en revestimientos, está relacionada con la consistencia, la cual se refiere al estado de fluidez del mortero, es decir, qué tan dura (seca) o blanda (fluida) es la mezcla cuando se encuentra en estado plástico. En general, se acepta como medida de la trabajabilidad, la característica de fluidez de la mezcla medida en la prueba de laboratorio ASTM C 230-03 Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement” (Especificación estándar de la mesa de flujo para el uso en ensayos de cemento hidráulico); mientras que la prueba en campo se realiza según la norma ASTM C 333.

f. Retención de agua

Es la habilidad o capacidad del mortero de mantener su plasticidad al quedar en contacto con la superficie absorbente, en el caso de la pieza de mampostería. Esta propiedad puede ser mejorada con la adición de cal, mayor contenido de finos, aditivos plastificantes, incorporadores de aire. La retención de agua incide en la velocidad de endurecimiento y resistencia final a compresión.

g. **Velocidad de endurecimiento**

Los tiempos de fraguado inicial y final del cemento de la mezcla, deben estar entre límites adecuados. Sin embargo, éstos dependen de diversos factores tales como: las condiciones del clima, la composición de la mezcla o la mano de obra y hoy en día son fácilmente controlables con el uso de aditivos.

h. **Contenido de aire**

El aire incluido en un mortero, puede producirse por efectos mecánicos o por medio de la aplicación de aditivos incorporadores de aire. A medida que aumenta el contenido en aire (12-18%, según ASTM C-270), mejora la trabajabilidad y la resistencia a los ciclos hielo – deshielo; de forma contraria, disminuye la resistencia mecánica, la adherencia y la impermeabilidad. Existen varios antecedentes para probar que la adherencia disminuye cuando aumenta el contenido de aire.

i. **Masa unitaria**

Por lo general la densidad o masa unitaria de un material es un indicador de la resistencia del mismo, si se tiene un mortero muy denso es probable que su resistencia sea alta; siendo lo contrario para morteros menos densos. El término densidad significa la relación existente entre la masa de una cantidad dada de mortero y el volumen absoluto que ocupa dicha masa, este es un parámetro fundamental para obtener el contenido de aire atrapado en el mortero. En la tabla N°02, se muestra la clasificación de los morteros de acuerdo a su masa unitaria. **(Miliarium, 2008)**

Tabla N°03. Clasificación de los morteros de acuerdo a su masa unitaria

Tipo De Mortero	Masa Unitaria (Kg/m ³)
Liviano	1400 – 1600
Mediano	1600 – 1850
Pesado	1850 - 2200

Fuente: Arriola D. (2009)

2.2.2.2. Propiedades en estado endurecido

a. **Adherencia**

La propiedad más importante del mortero, es su habilidad para adherirse a las piezas de mampostería o de acero. En general, la adherencia es la capacidad que tiene el mortero de absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que lo une con la estructura. Es de gran

importancia, ya que a ella se debe el hecho de que un mortero pueda resistir pandeo, cargas transversales y excéntricas, dándole resistencia a la estructura. La adherencia afecta en gran forma la permeabilidad y la resistencia a la flexión. En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie del bloque sea tan rugosa como sea posible, para permitir la unión mecánica del mortero, así como un porcentaje de absorción proporcional a la retención de agua del mortero. Los morteros plásticos, de buena adherencia, buena capacidad de retención de agua y que no requieran de superficies húmedas para su colocación, son los más adaptables y de mayor utilización en mampostería ya que permiten una íntima unión entre las piezas.

b. Absorción

La Absorción se define como el incremento de peso de un árido poroso seco, hasta logransucondición de saturación con la superficie seca, debido a la penetración de agua a sus poros permeables. La absorción es el valor de la humedad del agregado, cuando tiene todos sus poros llenos de agua, pero su superficie se encuentra seca. En esta condición se hacen los cálculos de dosificación para elaborar el concreto.

c. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión del concreto es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio).

d. Porosidad de mortero

Los morteros porosos son morteros más blandos y con poros o capilares más grandes o abiertos que los morteros comunes, la mayoría de los morteros porosos son de cal hidráulica, aunque también pueden ser de cemento Portland, los de cemento Portland para ser porosos deben tener una relación diferente, por ejemplo 1 de cemento: 9 de arena podría calificarse como poroso.

Los morteros porosos tienen buena capacidad de evaporación debido al tamaño de sus poros, son ideales para usos en edificios históricos, sobre todo los de cal hidráulica. Su principal característica, la transpirabilidad, los hace idóneos para ser usados en paredes con problemas de humedad, en especial humedad de capilaridad, aunque cuando se trata de una humedad de capilaridad, para una solución definitiva es fundamental, descubrir las causas y frenar el ascenso de la humedad, pero en caso de no poder atacar la causa, y cuando se ataca la causa para ayudar a la pronta evaporación de la humedad, se recomienda usar un mortero poroso, ya que hará más rápida la evaporación de la humedad.

Los morteros porosos pueden ser fabricados en obra o comprados de fábrica, varias marcas comerciales distribuyen actualmente morteros porosos. Recomendaciones: seguir las instrucciones del fabricante, cuando se usen morteros con base en cal hidráulica utilizar sólo pinturas al silicato o similares. Al mortero poroso también se le llama “mortero deshumidificante”.

2.2.3. Cemento Portland

Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker, compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda.

2.2.3.1. Tipos de Cemento Portland

- **Tipo I:** Normal, es el cemento Portland destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifique la utilización de otro tipo. (Edificios, estructuras industriales, conjuntos habitacionales) Libera más calor de hidratación que otros tipos de cemento.
- **Tipo II:** De moderada resistencia a los sulfatos, es el cemento Portland destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiera moderado calor de hidratación, cuando así sea especificado. (Puentes, tuberías de concreto).
- Entre otros tipos, también hay: tipo III, IV y V: Los cuales no son de una alta demanda, por lo que no son mayormente comercializables en el Perú.

Tabla N°04. Compuestos principales en el cemento Portland

Compuesto	Fórmula	Notación	Porcentaje (%)
Silicato tricálcico (Alita)	$3\text{CaO} \cdot \text{Si}_2\text{O}_2$	C_3S	30-50
Silicato dicálcico (Belita)	$2\text{CaO} \cdot \text{Si}_2\text{O}_2$	C_2S	15-30
Aluminato Tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	4-12
Ferro aluminato etracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	8-13
Cal Libre	CaO		
Magnesia Libre (Periclusa)	MgO		

Fuente: Arriola D. (2009)

2.2.3.1. Cemento Pacasmayo Tipo I

El cemento Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de clínker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado. **(Gutiérrez, L., 2003)**

A) Propiedades

- Mayores resistencias iniciales
- Menores tiempos de fraguado

B) Aplicaciones

- Obras de concreto y concreto armado en general
- Estructuras que requieran un rápido desencofrado
- Concreto en clima frío
- Productos prefabricados
- Pavimentos y cimentaciones

C) Hidratación, Fraguado y Endurecido de las Pastas Cementantes

La calidad de unión (adhesión) de la pasta de cemento Portland se debe a las reacciones químicas entre el cemento y el agua, conocidas como hidratación. El cemento Portland no es un compuesto químico sencillo, es una mezcla de muchos compuestos. Cuatro de ellos totalizan 90% o más del peso del cemento Portland: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico (aluminio ferrito tetracálcico). Además de estos compuestos principales, muchos otros desempeñan un papel importante en el proceso de hidratación. Cada tipo de cemento Portland contiene los mismos cuatro compuestos principales, pero en proporciones diferentes. Cuando se examina el clínker (el producto del horno que se muele para fabricar el cemento Portland) al

microscopio, la mayoría de sus compuestos individuales se pueden identificar y sus cantidades se pueden determinar. Sin embargo, los granos más pequeños no se pueden detectar visualmente. El promedio del diámetro de las partículas de un cemento típico es aproximadamente 15 micrómetros. Si todas las partículas tuviesen ese diámetro promedio, el cemento Portland contendría aproximadamente 300 billones de partículas por kilogramo, pero en realidad existen unos 16,000 billones de partículas por kilogramo, debido a la amplia variación del tamaño de las partículas. Las partículas en un kilogramo de cemento Portland tienen un área superficial de aproximadamente 400 metros cuadrados. Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen 75% del peso del cemento Portland, reaccionan con el agua para formar dos compuestos: hidróxido de calcio y silicato de calcio (hidrato de silicato de calcio). Este último es, sin duda, el más importante compuesto del concreto. Las propiedades de ingeniería del concreto, fraguado y endurecimiento, resistencia, dependen principalmente del silicato de calcio hidrato. Este es el corazón del concreto.

La composición química del silicato de calcio hidrato es un tanto variable, pero contiene cal (CaO) y dióxido de silicio (SiO_2) en una proporción de 3 para 2. El área superficial del silicato de calcio hidrato es unos 300 metros cuadrados por gramo. En pastas endurecidas de cemento, el silicato de calcio hidratado forma un vínculo denso entre las otras fases cristalinas y los granos de cemento aún no hidratados, también se adhiere a los granos de arena y a los agregados gruesos, cementándolo todo junto (Copéland y Schulz, 1962). Mientras el concreto se endurece, su volumen bruto permanece casi inalterado, pero el concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, los cuales no tienen resistencia. La resistencia está en las partes sólidas de la pasta, sobre todo en el silicato de calcio hidrato y en los compuestos cristalinos. Cuanto menos porosa es la pasta de cemento, más resistente es el concreto. Por lo tanto, al mezclarse el concreto, no se debe usar más agua que aquella estrictamente necesaria para obtenerse un concreto plástico y trabajable. Incluso, la cantidad de agua usada es normalmente mayor que la necesaria para la hidratación completa del cemento. Aproximadamente se necesitan 0.4 gramos de agua por gramo de cemento para la hidratación completa del cemento (Powers 1948 y 1949). Sin embargo, la hidratación completa es rara en los concretos de las obras, debido a una falta de humedad y al largo

periodo de tiempo (décadas) que se requiere para obtener la hidratación total. **(Gutiérrez, L. 2003)**

2.2.4. Agregados

Según su tamaño, los agregados son clasificados en:

- Agregados finos (arenas)
- Agregados gruesos (piedras).

2.2.4.1. Agregado Fino

El tamiz que separa un agregado grueso de uno fino es el de 4,75 mm. Es decir, todo agregado menor a 4,75 mm es un agregado fino (arena). La arena o árido fino es el material que resulta de la desintegración natural del SiO_2 , se obtiene de la trituración de las mismas, y cuyo tamaño es inferior a los 5mm. Para su uso, se clasifican las arenas por su tamaño. A tal fin se les hace pasar por unos tamices que van reteniendo los granos más gruesos y dejan pasar los más finos. **(Castiarena, 2013)**

2.2.4.1.1. Características

El componente más común de la arena, en tierra continental y en las costas no tropicales, es la sílice, generalmente en forma de cuarzo. Sin embargo, la composición varía de acuerdo a los recursos y condiciones locales de la roca.

2.2.4.1.2. Clasificación (según el tamaño del grano)

- **Arena fina:** Es la que sus granos pasan por un tamiz de mallas de 1mm de diámetro y son detenidos por otro de 0.25mm.
- **Arena media:** Es aquella cuyos granos pasan por un tamiz de 2.5mm de diámetro y son retenidos por otro de 1mm.
- **Arena gruesa:** Es la que sus granos pasan por un tamiz de 5mm de diámetro y son retenidos por otro de 2.5mm.

2.2.4.1.2. Propiedades

A. Plasticidad

Se entiende comúnmente por plasticidad de las arenas, a la aptitud de éstas para reproducir los detalles de los moldeos.

B. La refractariedad

Es la cualidad que presenta la arena de resistir más o menos bien las temperaturas elevadas de los metales colados. Es conveniente que la arena conserve una refractariedad suficiente. La refractariedad de una arena se determina por la temperatura, se puede someter sin presentarse signos de fusión.

C. La Cohesión

La cohesión de una arena es consecuencia directa de la acción del aglutinante y depende de la naturaleza y contenido de este último y del porcentaje de humedad. La cohesión depende del porcentaje de arcilla que contenga la arena, que conjuntamente con el agua, es la que sirve de ligamento entre los granos y da resistencia mecánica al conjunto. Pero no basta que la arena tenga arcilla suficiente, sino que esta debe rodear los granos de sílice uniformemente. Se puede apreciar la relación entre la resistencia mecánica de la arena y su porcentaje de humedad.

D. La Permeabilidad

Se denomina permeabilidad de las arenas de moldeo, a la facilidad que ofrecen para dejarse atravesar por el aire y los gases que se desprenden al realizar la colada que procede. La permeabilidad depende fundamentalmente del cuadro de características de la arena:

- De su granulometría, cuanto menor sea la permeabilidad, más finos serán los granos.
- De la forma de los granos. Los granos redondeados dan mejor permeabilidad que los angulosos.
- La forma de los granos influye, por regla general, de manera opcional a lo que podría creerse: una arena de granos redondos tiene, teóricamente un número de huecos mayor que otra de granos angulosos, la segunda es más permeable por que los granos angulosos se comprimen unos contra otros menos apretadamente que los granos redondos.
- De su contenido de arcilla. Cuanto mayor sea, más acoplados y soldados quedarán un grano con otro y menos será la permeabilidad.

E. Análisis Granulométrico

La granulometría de una base de agregados, se define como la distribución del tamaño de sus partículas. Esta granulometría se determinará haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices ordenados, por abertura, de mayor a menor. La denominación en unidades inglesas (tamices ASTM) se hará según el tamaño de la abertura en pulgadas para los tamaños grandes y el número de aberturas por pulgada lineal para los tamaños menores de una pulgada. La serie de tamices utilizados para agregado grueso son 3", 2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8", # 4 y para agregado fino son # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100. La serie de tamices que se emplean para clasificar agrupados para concreto se ha establecido de manera que la abertura de cualquier tamiz sea aproximadamente la mitad de la abertura del tamiz inmediatamente superior, que cumplan con la relación 1 a 2.

El tamizado a mano se hace de tal manera que el material se mantenga en movimiento circular con una mano mientras se golpea con la otra, pero en ningún caso se debe inducir con la mano el paso de una partícula a través del tamiz; recomendando la utilización del equipo tamizador.

Los resultados de un análisis granulométrico también se pueden representar en forma gráfica y en tal caso se llaman curvas granulométricas. Estas gráficas se representan por medio de dos ejes perpendiculares entre sí, horizontal y vertical, en donde las ordenadas representan el porcentaje que pasa y en el eje de las abscisas la abertura del tamiz cuya escala puede ser aritmética, logarítmica o en algunos casos mixtos. Las curvas granulométricas permiten visualizar mejor la distribución de tamaños dentro de una masa de agregados y permite conocer además qué tan grueso o fino es. En consecuencia, hay factores que se derivan de un análisis granulométrico como son:

Módulo de Finura (MF)

El módulo de finura es un parámetro que se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos, acumulados de la serie de tamices especificados, que cumplan con la relación 1:2 desde el tamiz # 100 en adelante, hasta el tamaño máximo presente y dividido entre 100, para este cálculo no se incluyen los tamices de 1" y ½".

Se considera que el MF de una arena adecuada para producir concreto, debe estar entre 2, 3, y 3,1 o, donde un valor menor que 2,0 indica una arena fina, 2,5 una arena de finura media y más de 3,0 una arena gruesa.

F. Humedad en los Agregados

Debe controlarse el grado de humedad de los áridos que van a emplearse en la fabricación del mortero, dado que el contenido de humedad existente en estos componentes puede alterar la relación agua/cemento prevista. La granulometría idónea de un mortero depende de las exigencias que vayamos a requerir y de su aplicación específica. Obtenerla requiere, como hemos visto, precisión y control al suministrador lo que no siempre es fácil de aplicar en obra. Los morteros secos, por su control en la recepción de componentes, vigilan el cumplimiento de las granulometrías exigidas y optimizan las composiciones granulométricas en función de los requisitos demandados en un proyecto, asegurando las prestaciones finales y mejorando la calidad de los resultados. Existen un conjunto de propiedades químicas de los áridos que deben ser controladas en la fabricación del mortero. El contenido en cloruros, sulfatos o posibles reacciones álcali-árido pueden degradar la calidad final del material.

G. Peso Específico

Es la relación entre el peso y el volumen del material sólido. Para determinar el peso específico o densidad se debe tomar el agregado en estado saturado y superficie seca. Los pesos específicos de muchos de los agregados de origen natural rondan alrededor de $2,65 \text{ gr/cm}^3$, tal como en los agregados silíceos, calcáreos y granitos, con las excepciones del basalto que está en $2,90 \text{ gr/cm}^3$, areniscas en $2,55 \text{ gr/cm}^3$ y la cuarcítica en $2,50 \text{ gr/cm}^3$. Hay agregados pesados como la piedra partida de roca de hematita que anda en $4,25 \text{ gr/cm}^3$.

H. Absorción

La Absorción se define como el incremento de peso de un árido poroso seco, hasta lograr su condición de saturación con la superficie seca, debido a la penetración de agua a sus poros permeables. La absorción es el valor de la humedad del agregado

cuando tiene todos sus poros llenos de agua, pero su superficie se encuentra seca. En esta condición se hacen los cálculos de dosificación para elaborar morteros y concreto. Sin embargo, el agregado en los acopios puede tener cualquier contenido de humedad (estados 2 a 4). Si la humedad del agregado es inferior a la absorción, se deberá agregar más agua al concreto para compensar la que absorberán los agregados. Por el contrario, si la humedad supera a la absorción, habrá que disminuir la cantidad de agua que se pondrá a la mezcla ya que los agregados estarán aportando agua. El valor de la absorción es un concepto necesario para el ingeniero en obra, en el cálculo de la relación agua sobre cemento de la mezcla de concreto, pero, en algunos casos, puede ser que también refleje una estructura porosa que afecte la resistencia a la congelación y deshielo del concreto. No se suelen fijar límites de aceptación para la absorción debido a que ésta no sólo depende de la porosidad de la roca, sino también de otros aspectos tales como la distribución granulométrica, contenido de finos, tamaño máximo de los agregados, forma de las partículas. Sin embargo, se puede considerar como rocas de buena calidad aquellas que presentan una absorción menor a 3% para agregado grueso, y menores a 5% para el caso de agregado fino. La absorción de un agregado grueso se expresa arbitrariamente en términos del agua que entra en los poros o capilares durante un periodo de remojo de 24 h. Las absorciones en los agregados finos de origen natural rondan entre 0,8 y 1,3%, los agregados finos de trituración andan en 0,9%, los agregados gruesos como el canto rodado andan en 0,2% y en los agregados gruesos de piedra partida andan en 0,8% para los graníticos, 1,8% para los cuarcíticos y 1,6% para los basálticos. La absorción de los agregados de origen artificial suele ser muy elevada, como en el caso de las escorias o de las arcillas expandidas que rondan el 15%.

I. Peso Unitario

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total, incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre las partículas, el resultado está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que se convierte en un parámetro hasta un cierto punto relativo. El peso unitario es el peso de la unidad de volumen de material a granel en las condiciones de compactación y

humedad en que se efectúa el ensayo, expresado en (kg/m^3). Aunque puede realizarse el ensayo sobre agregado fino y agregado grueso; el valor que es empleado en la práctica como parámetro para la clasificación de concreto, es el peso unitario compactado del agregado grueso.

I.1. Peso Unitario Seco Suelto (PUSS)

Se denomina PUSS cuando para determinarlo se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela a ras una carilla. El concepto PUSS es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados, debido a que estos se hacen en estado suelto. Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen, es decir para conocer el consumo de áridos por metro cúbico de concreto.

I.2. Peso Unitario Seco Compacto (PUSC)

Se denomina PUSC cuando los granos han sido sometidos a compactación incrementando así el grado de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria. El PUSC es importante desde el punto de vista del diseño de mezclas ya que con él se determina el volumen absoluto de los agregados, por cuanto estos van a estar sometidos a una compactación durante el proceso de colocación del concreto. Este valor se usará para conocer el asentamiento provocado por él, o por la acción del tiempo. También el valor de peso unitario compactado, es de una utilidad extraordinaria para el cálculo del porcentaje de vacíos de los materiales. (Castiarena, 2013)

2.2.4.1.3. Caracterización Físicoquímica: Sales, Conductividad, Sólidos Totales Suspendidos, Temperatura

A. Salinización de los Suelos ($\text{dS/m-25}^\circ\text{C}$) o (mmhos/cm)

A través de la conductividad eléctrica se determina la concentración de sales solubles en disolución en el suelo. Se basa en la velocidad con la que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina, la cual es proporcional a la concentración de sales en disolución. Se

expresaba en mmhos/cm o deciSiemens/metro (dS/m). La conductividad eléctrica varía con la movilidad de los iones y por tanto con la temperatura, mide a una temperatura fija de 25°C. En general, se considera que un suelo es salino si presenta una conductividad mayor de 16 dS/m, siempre que el pH sea mayor de 8,5. Con una conductividad de 8 dS/m ya se considera un suelo con propiedades salinas. Las sales predominantes en los agregados son Calcio (Ca) y Sodio (Na) y se las clasifica en la tabla siguiente: (**Castiarena, 2013**)

Tabla Nº 05. Clasificación de la salinidad según su conductividad.

CE (dS/m-25°C)	Suelos	Afectan
0-2	Normales	
2-4	Ligeramente salinos	Cultivos muy sensibles
4-8	Salinos	La mayoría de los cultivos
8-16	Fuertemente salinos	Solo se obtiene rendimiento en
		los cultivos tolerantes
>16	Extremadamente salinos	Muy pocos cultivos dan rendimientos aceptables

Fuente: Castiarena, (2013)

Tabla Nº 06. Parámetros de clasificación salino y sódico

Parámetros	Suelo salino	Suelo sódico	Suelo salino sódico
pH	Menor 8,5	Mayor 8,5	Mayor 8,5
Conductividad (m ohmios/cm)	Mayor 4	Mayor 4	Mayor 4

Fuente: Castiarena, (2013)

B. La reacción de pH

La reacción del suelo (pH) es un índice de la acidez, neutralidad o alcalinidad del suelo. Idealmente, la medición del pH debería hacerse en el campo, sobre muestras inalteradas, el suelo puede ser desintegrado si está compactado, para dar cabida a los electrodos. La técnica menos aconsejable para medir el pH es aquella basada en una muestra transportada a un laboratorio, para efectuar allí el ensayo. Si la medida del pH no se hace dentro de las 24 horas siguientes al momento de extracción de la muestra, se recomienda

empacar la muestra en hielo seco, para retardar cualquier cambio en el pH debido a reacciones químicas o biológicas. Las cuales se dividen en categorías según la siguiente tabla: **(Castiarena, 2013)**

Tabla N°07. Categorías de los diferentes Ph

Clase	pH
Extremadamente ácido	Menor a 4 a 4.5
Muy fuertemente ácido	4.5 – 5.0
Fuertemente ácido	5.1 – 5.5
Medianamente ácido	5.6 – 6.0
Ligeramente ácido	6.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Ligeramente alcalino	7.4 – 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 – 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 – 9.0
Muy fuertemente alcalino	Mayor a 9.1

Fuente: Castiarena (2013)

C. Sólidos Suspendidos Totales (TDS)

Es la cantidad de sólidos que el agua conserva en suspensión después de 10 minutos de asentamiento. **(Castiarena, 2013)**

2.2.5. Agua

Se puede definir como aquel componente del mortero, en virtud del cual, el cemento experimenta reacciones químicas que le dan la propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados. El agua es el líquido que está presente de manera importante en la elaboración de concretos y/o morteros, mezclas, en el lavado de agregados, curado y riego de concreto; por consiguiente, debe ser un insumo limpio, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y, en general de cualquier material que pueda ser perjudicial, según el caso para el que se utilice. El agua puede ser clasificada en agua de mezclado y agua de curado. **(Calvera, J., 2005)**

A. Agua de mezclado

Está definida como la cantidad de agua por volumen unitario de mortero que requiere el cemento, contenido en ese volumen unitario, para producir una pasta eficientemente hidratada, con una fluidez tal, que permita una lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico. De

ahí que deba hacerse un estricto control sobre el agua de mezclado en el momento de dosificarla.

B. Agua de curado

El curado puede definirse como el conjunto de condiciones necesarias, para que la hidratación de la pasta evolucione sin interrupción hasta que todo el cemento se hidrate y el mortero alcance sus propiedades potenciales. Estas condiciones se refieren básicamente a la humedad y la temperatura. Por lo tanto, el agua de curado constituye el suministro para hidratar eficientemente el cemento.

2.2.6. Fibra

Las fibras son filamentos discontinuos, producidos con una variada gama de formatos, dimensiones y destinados específicamente para uso en concreto y argamasas. Tiene como finalidad principal inhibir el surgimiento de fisuras, así como su propagación en elementos estructurales como pisos y pavimentos, concreto proyectado, revestimiento de túneles y piezas pre-fabricadas.”

Según el ACI, el concreto fibroreforzado es una mezcla constituida a partir de cemento hidráulico, contenido agregados finos y gruesos y filamentos o fibras discretas discontinuas. Estructuralmente proporcionan una mayor energía de rotura⁷, sustituyendo parcial o completamente los sistemas convencionales de armaduras de acero. Por otra parte, del lado no estructural, las fibras proporcionan un notable incremento en la resistencia al fisuramiento, así como el incremento de otras propiedades, por ejemplo, el incremento de la resistencia al fuego, abrasión, impacto etc. “Las fibras son empleadas en aplicaciones estructurales en busca de beneficios adicionales en cuanto a reducción de mano de obra, incremento de la durabilidad y reducción o eliminación del refuerzo tradicional. El concreto soporta esfuerzos a tracción que son transmitidos por adherencia a las fibras una vez se ha producido micro-fisura, controlan la fisuración y reducen la intensidad de la misma a la vez que mejoran la tenacidad.” (Colegio de Ingenieros del Perú 2012: 4)

Cabe mencionar, el concreto reforzado con fibras de polipropileno está compuesto esencialmente por los mismos materiales que un concreto convencional y adicionando fibras de polipropileno. Como ya se mencionó, esta adición no sólo cambia o altera ciertas propiedades en estado endurecido, sino también lo hace en estado fresco, por lo que se exigen ciertas condiciones en sus componentes. **(Calvera, J., 2005)**

2.2.6.1. Tipos de Fibras

La adición de fibras a la masa de concreto confiere ciertas propiedades, ya sea en estado fresco o en estado endurecido. Es por esto que se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Fibras Estructurales: brindan una mayor energía de rotura y proporcionan mejora en la resistencia a la fisuración en estado endurecido.
- Fibras No Estructurales: controlan la fisuración por retracción (estado fresco), así también como resistencia al fuego, abrasión e impacto.

Por otra parte, la clasificación de las fibras también se da por la materia prima con la cual son producida, entre las cuales se tienen:

- Naturales: Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm, con valores de absorción al 12%.
- Sintética: Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas, por acrílico, aramid, carbón, polipropileno, poliestireno, nylon, poliéster, etc.
- Metálicas: Secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre longitud y el diámetro), que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero (en general bajo contenido de carbono)

Tabla N°08. Características principales de los tipos de fibras

Fibras	Diámetro (µm)	Densidad (10 ³ kg/m ³)	Módulo de elasticidad (KN/mm ²)	Resistencia a la tracción (KN/mm ²)	Alargamiento en la ruptura (%)
Acero	5 - 500	7,84	200	0,5 - 2	0,5 - 3,5
Vidrio	9--15	2,6	70 - 80	2--4	2 - 3,5
Amianto	0,02 - 0,04	3	180	3,3	2--3
Polipropileno	20 - 200	0,9	5--7	0,5 - 0,75	8
Nylon	-	1,1	4	0,9	13 - 15
Polietileno	-	0,95	0,3	0,0007	10
Carbono	9	1,9	230	2,6	1
Kevlar	10	1,45	65 - 133	3,6	2,1 - 4
Acrílico	18	1,18	14 - 19,5	0,4 - 1	3

Fuente: Calvera J. (2005)

2.2.4.1.3. Fibras de Acero

Se utilizan como refuerzo tridimensional en el concreto, dispersas homogéneamente en el volumen. Básicamente, las fibras de acero se caracterizan geoméricamente por la longitud (L), por el diámetro equivalente (D_e) y anclaje en las extremidades, según como se puede ver en las figuras siguientes. (Calvera, J., 2005)

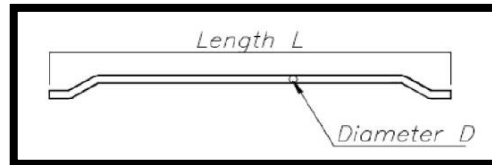


Figura N°05. Sección típica de una fibra de acero.

Fuente: fibraslargas.com (2008)

Las fibras de acero están consideradas como refuerzo primario del concreto, por tener un alto módulo de elasticidad, no se limitan a la aplicación de control de fisuración. Las dimensiones oscilan entre 0.25 y 0.80 mm de diámetro y entre 10 y 75 mm de longitud. Existen varios métodos de obtención de fibras, según la norma ASTM A 820, se califican en cuatro tipos:

- Tipo I: Alambra trefilado en frío
- Tipo II: Hojas sueltas
- Tipo III: Extraídos en fusión
- Tipo IV: Otros tipos de fibra.

El método de obtención más común es el Tipo I, las fibras de alambre trefilado en frío son procesadas a través de esferas de acero que son estiradas en forma de hilos de alambre de sección circular, para posteriormente, ser fruncidas para formar fibras deformadas. Como ya se sabe, el refuerzo con fibras de acero discontinuas y aleatoriamente distribuidas en la pasta de concreto, tienen como principal función controlar la propagación de fisuras (Figura 09), pues modifica el comportamiento mecánico, aumentando considerablemente la capacidad de absorción de energía (Tenacidad). El concreto se transforma en un material con característica frágil a dúctil. Este fenómeno ocurre porque las fibras crean puentes de transferencia de tensiones a través de las fisuras de bajo modulo, como es el caso de la retracción plástica en concreto. Las fibras de acero son más eficientes

que otro tipo de fibra, gracias a su alta resistencia a la tracción, mayor módulo de elasticidad y la gran facilidad de adherencia a la mezcla. La fragilidad característica del concreto se reduce gracias a la disipación de energía, brindada por el trabajo en la ruptura de la adherencia entre la fibra y la matriz y posterior arrancamiento de las fibras. Se presenta una capacidad de resistencia post-fisuración, lo cual genera una redistribución de esfuerzos. Esta característica es de mucha utilidad para elementos de superficie continuos, como es el caso de pisos y pavimentos rígidos. Más adelante se explicará a detalle los aportes que brinda las fibras de acero en la mezcla de concreto.

Aplicaciones de las Fibras de Acero

Existe un campo muy amplio donde se desarrolla el uso de fibras como refuerzo al concreto. A continuación, se explicarán las principales aplicaciones:

– Pisos y Pavimentos

Algunas ventajas de la utilización de fibras de acero en pavimento rígidos son incuestionables, comparadas con las mallas de acero convencionales. Se reducen el tiempo total de ejecución de la obra y el número de operarios necesarios para la ejecución de la etapa de colocación del refuerzo. Asimismo, no es necesario un almacén especial, lo cual implica un ahorro en espacio en la obra. Las fibras de acero refuerzan los bordes de las juntas, minimizando el efecto de astillado en esas regiones.

Por otra parte, se genera una mayor facilidad de acceso al lugar de trabajo, lo que es muy difícil cuando se utilizan mallas metálicas, ya que estas impiden el libre tránsito de personal y equipo después de su instalación.

– Concreto Proyectado

El concreto proyectado reforzado con fibras de acero, es una innovación para la aplicación de revestimiento de taludes, canales y túneles. Presentando una serie de beneficios en comparación al refuerzo de malla metálica. Entre las principales está en el tiempo de inicio de aplicación del concreto, el cual puede ser inmediatamente después de la excavación del túnel.

De este modo, se disminuye el riesgo de accidentes por desprendimiento del macizo. Así mismo, la velocidad de excavación de la obra se aumenta significativamente gracias a la eliminación de la etapa de instalación de la cimbra y malla metálica.

Aportes de las Fibras de Acero en el Concreto

Las principales mejoras que se han estudiado a lo largo de los años se pueden agrupar de la siguiente manera: **(Calvera, J., 2005)**

- **Ductilidad**

Las fibras de acero aumentan las propiedades mecánicas del concreto, al originar el aumento de la resistencia a la tracción. Adiciona también, ductilidad post-grieta, evitando el comportamiento frágil del concreto. Esto depende de la cantidad de fibras que se adicionen, y la capacidad de anclaje en la mezcla.

- **Compresión**

El uso de fibras altera ligeramente la resistencia a la compresión. Si la adición es desde 1.5% del volumen total, puede aumentar entre 0 y 15% esta resistencia.

- **Tensión directa**

De igual manera, si el volumen de fibras adicionadas es mayor al 1.5% del volumen total, el incremento de la tensión directa es considerable, ya que se encuentra entre el 30 y 40%.

- **Tenacidad**

Básicamente, las fibras aumentan la tenacidad, es decir, aumenta la capacidad de absorber energía en la deformación post-fisuración. Se genera un mayor control de agrietamiento.

- **Cortante y torsión**

Aunque no existe mucha investigación en estos efectos, estos dependen básicamente del alineamiento de las fibras.

- **Otros**

otras propiedades que aportan las fibras de acero son la mejora en el comportamiento en ciclos de fatiga, control de

permeabilidad, aumento de la capacidad de carga y control de penetración de agentes oxidantes.

2.2.4.1.3. Fibras de Plástico (poliméricas)

Una fibra polimérica es un polímero cuyas cadenas están extendidas en línea recta (o casi recta) una al lado de la otra a lo largo de un mismo eje, como se observa a continuación.



Figura N°06. Disposición de las cadenas poliméricas en las fibras

Fuente: fibraslargas.com (2008)

Los polímeros ordenados en fibras pueden ser hilados y usados como textiles. Las prendas de vestir, como así también las alfombras y sogas están hechas de fibras poliméricas. Algunos de los polímeros que pueden ser empleados como fibras son, el polietileno, polipropileno, nylon, poliéster, kevlar y nomex, poliacrilonitrilo, la celulosa y los poliuretanos, entre otros. Las fibras están siempre constituidas por polímeros dispuestos en cristales. Tienen que ser capaces de poder empaquetarse según un ordenamiento regular, a los efectos de alinearse en forma de fibras. De hecho, las fibras son cristales. Esto se demuestra observando atentamente la forma en la que, por ejemplo, el nylon 6,6 se empaqueta formando fibras cristalinas. Los enlaces por puente de hidrógeno y tras interacciones secundarias entre cadenas individuales, mantienen fuertemente unidas a las cadenas poliméricas. Esta interacción es tan evada que las cadenas prácticamente no se deslizan una sobre otra. Esto significa que cuando se estiran las fibras de nylon, no se extienden mucho, si es que lo hacen. Lo cual explica por qué las fibras son ideales para emplearlas en hilos y sogas.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

En la siguiente tabla, se presenta la operacionalización de las variables independientes

Tabla N° 09. Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
FIBRA	Filamento que entra en la composición de tejidos orgánicos animales o vegetales o que presentan en su textura algunos minerales.	Propiedades físicas	Largo
			Espesor
			Color
		Propiedades químicas	Resistencia álcalis, sales y ácidos
		Propiedades mecánicas	Resistencia a la tracción
Resistencia la flexión	Esfuerzo máximo de la fibra desarrollado en una probeta justo antes de que se agriete o se rompa en un ensayo de flexión.	Propiedades mecánicas	Fuerza (KN)
			Área (cm ²)
			Curado (días)

3.2. Diseño de investigación

Se aplicará un diseño experimental tipo bifactorial, con dos variables independientes: fibras de plástico y fibras de metal; una variable dependiente: Resistencia a la Flexión, con tres réplicas. En la tabla N° 10 se indican los valores elegidos para la variable independiente.

Tabla N° 10: Variables independiente y niveles de estudio

Variabes Independientes	Niveles de Estudio
A: Fibras de plástico	(5 , 10 , 15) (a₁ , a₂ , a₃)
B: Fibras de metal	20 , 40 , 60 , 80 , 100 (b₁ , b₂ , b₃ , b₄ , b₅)

Tabla N° 11: Variables dependiente

Variables Dependientes
X: Resistencia a la Flexión

Tabla N° 12: Matriz de diseño experimental.

	A			B				
	a ₁	a ₂	a ₃	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅
X	a ₁ X	a ₂ X	a ₃ X	b ₁ X	b ₂ X	b ₃ X	b ₄ X	b ₅ X
Y	a ₁ Y	a ₂ Y	a ₃ Y	b ₁ Y	b ₂ Y	b ₃ Y	b ₄ Y	b ₅ Y

Número de probetas = (Variable Independiente x Variable dependiente x Número de replicas) + Patrón

Número de probetas = [(A x a_n) x (B x b_n) x (Varb. Dep. x N° réplicas)] + Patrón

Número de probetas = [(1 x 3) x (1 x 5) x (2 x 3)] + 9

Número de probetas = (3 x 5 x 6) + 9

Número de probetas = (90) + 9

Número de probetas = 99

3.3. Unidad de estudio

Los morteros

3.4. Población

Morteros de cemento para talud

3.5. Muestra (muestreo o selección)

99 probetas de morteros para talud, reforzados con SIKA FIBER FORCE PP48 y SIKA FIBER CHO 6535 NB.

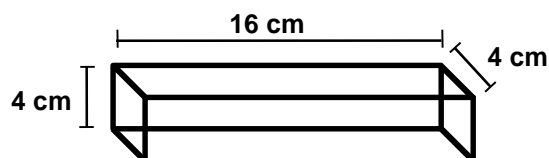


Figura N° 07. Probeta de morteros

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Para el procedimiento experimental de esta investigación, se seguirá el procedimiento de la siguiente manera:

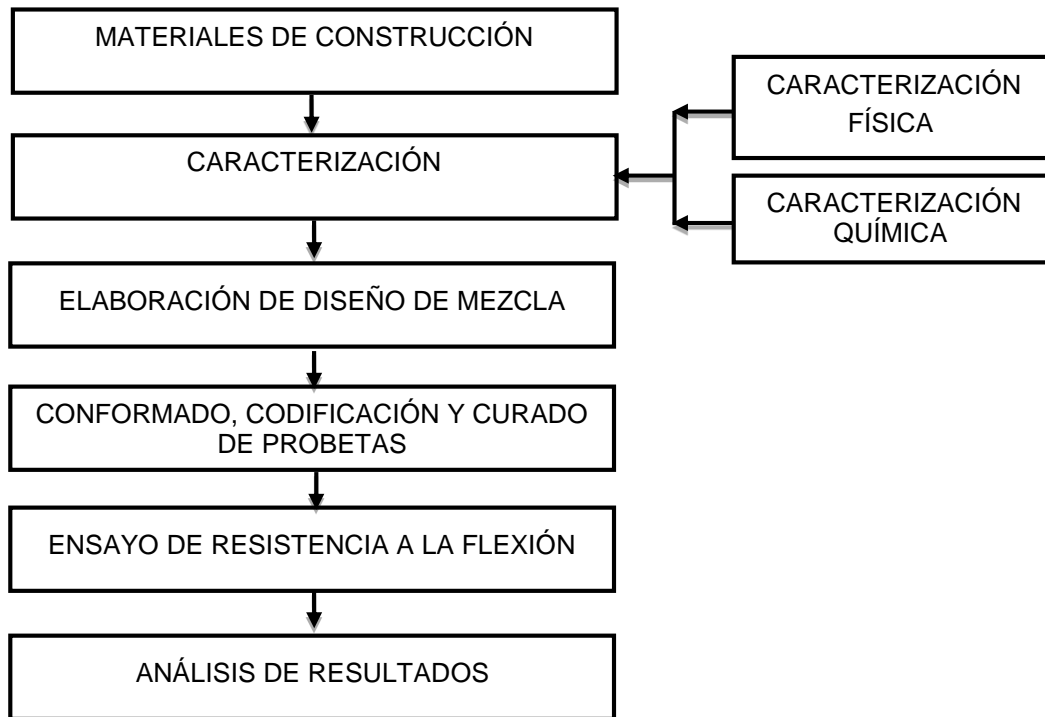


Figura N°08: Diseño experimental

A. Materiales de construcción

Dentro de los materiales obtenidos, tuvimos:

- Cemento Pacasmayo Portland Tipo I, se adquirió 2 bolsas de este tipo cemento.
- Agregado fino, el cual fue obtenido de la cantera “San Idelfonso”, la cual, a pesar de ser una cantera informal, tiene una alta demanda de sus agregados.
- Fibra de polipropileno, Sika Fiber Force PP48.
- Filamentos de acero, Sika Fiber CHO 6535 NB.

B. Caracterización

B.1) Caracterización Física

Con las muestras de los agregados finos de cada cantera, se realizaron ensayos físicos, para poder caracterizarlos, siendo estos los siguientes:

B.1.1) Granulometría (ASTM C-136)

De las muestras recolectadas de las 4 canteras ubicadas dentro de la provincia de Trujillo (distritos de Huanchaco y La Esperanza), se seleccionaron muestras representativas que oscilen entre 1000 gr y 1500 g., las cuales deben estar lo más homogéneas posibles, para ello, se cuarteo todo el material adquirido, de cada cantera por separado.

Después, se pesó la muestra que será usada y se hizo pasar por una serie de tamices o mallas, en este caso (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°#100, N°200 y fondo, estas mallas fueron pesadas previamente, para obtener la masa inicial de estas.

Luego se situaron las mallas en el orden respectivo, y se ubicó la muestra dentro de estas, para poder instalar al equipo tamizador o maquina vibratoria, por un tiempo de entre 3 a 5 minutos, para que las partículas de la muestra se retengan en cada malla según su diámetro.

Finalmente se pesó cada malla con el material retenido en estas. Para poder obtener el módulo de finura (MF) de cada cantera.

Para determinar el módulo de finura de cada agregado fino se usó la siguiente fórmula:

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido acumulado}}{100} \dots\dots\dots \text{Fórmula N}^\circ 1$$

Y para determinar el porcentaje retenido acumulado se necesitó de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{peso retenido en tamiz} \times 100}{\text{peso total de la muestra}} \dots\dots \text{Fórmula N}^\circ 2$$

Para determinar el módulo de finura y el porcentaje pasante en el análisis granulométrico, se puede hacer mediante la siguiente tabla:

Tabla N°13: Tabla matriz para un Análisis Granulométrico

Malla		Muestra 1				
N° de Malla	W _M (g.)	W _{M+M} (g.)	W _R (g.)	% W _R (g.)	% W _R (g.) _A	% QP (g.)
4	A	D	D-A=G	G/Po=J	J	100-J
8	B	E	E-B=H	H/Po=K	J+K=M	100-M
16	C	F	F-C=I	I/Po=L	J+K+L=N	100-N
30	...	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...	...
200						
FONDO						

DONDE:

W_M : Masa de la malla (g.)

W_{M+M} : Masa de la malla más la muestra (g.)

W_R : Masa retenida en la malla (g.)

%W_R : Porcentaje de la masa retenida en la malla (g.)

%W_{RA}: Porcentaje de la masa retenida acumulado en la malla (g.)

%QP : Porcentaje que pasa (g.)

Po : Peso inicial (g.)

A,B,C,...N : Posibles valores numéricos

Con la tabla anterior, se puede determinar en porcentaje de grava, arena gruesa, arena media y arena fina, con el uso de la siguiente formulas:

	N° de malla	
Grava	3" – 3/8"	$\%GRAVA = \left(\frac{\sum_{3"}^{3"} Pesos Retenido}{Peso Total} \right) \times 100$
Arena Gruesa	4	$A. GRUESA = \left(\frac{\sum_{N^{\circ}8}^{N^{\circ}4} Pesos Retenido}{Peso Total} \right) \times 100$
	8	
Arena Media	16	$\%GRAVA = \left(\frac{\sum_{N^{\circ}50}^{N^{\circ}16} Pesos Retenido}{Peso Total} \right) \times 100$
	30	
	50	$\%GRAVA = \left(\frac{\sum_{200}^{100} Pesos Retenido}{Peso Total} \right) \times 100$
Arena Fina	100	
	200	
Polvos	Bandeja Ciega	

Y para graficas la curva granulométría, se emplea la siguiente grafica

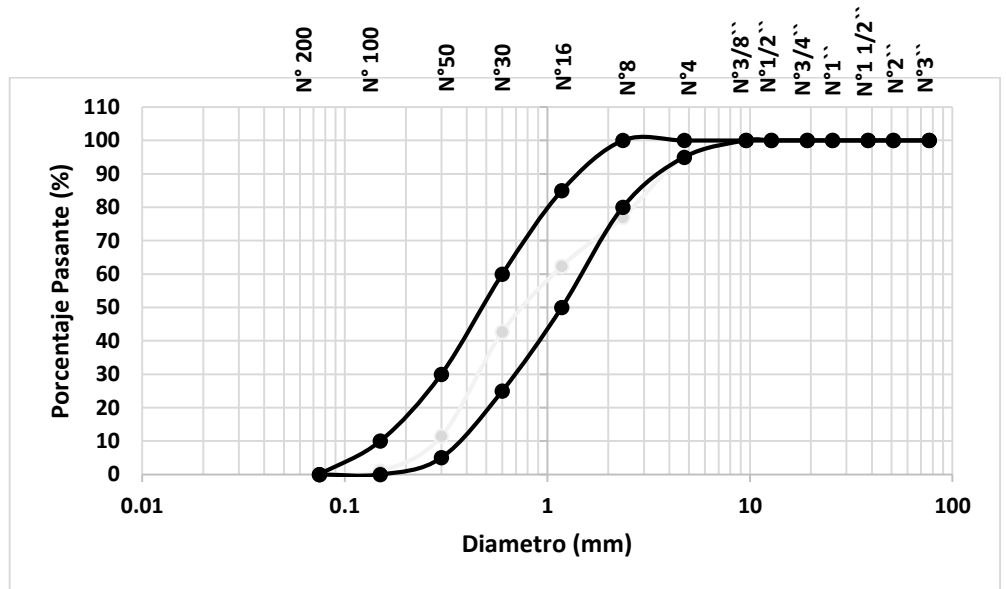


Figura N° 09: Curva granulométrica, para arenas finas

B.1.2) Peso Unitario (ASTM C-29)

Existen dos tipos de pesos unitarios, el primero es el peso unitario suelto, el cual consiste en registrar el peso del recipiente vacío (T), así como también será necesario tomarle medidas al recipiente (diámetro (d) y altura (h)) para poder determinar su volumen (V), luego se llena el recipiente con el agregado hasta desbordar el recipiente, pero sin compactarlo, se enrasa y se registra el peso de estos (G), para el segundo tipo de peso unitario, el peso unitario compacto, se sigue el mismo procedimiento, solo que se llena el recipiente en 3 capas, cada capa con 25 chuseadas y 12 golpes, para un mejor acomodo.

Para determinar el Peso Unitario de cada agregado es necesario la siguiente fórmula:

$$M = \frac{G - T}{V} \quad \dots\dots\dots \text{Fórmula N°3}$$

Donde:

- M : Peso unitario de los agregados (Kg/m³)
- G : Masa del agregado más el recipiente (Kg.)
- T : Masa del recipiente (Kg.)
- V : Volumen del recipiente

Tabla N° 14: Tabla matriz para Peso Unitario

	PUSS (Kg.)	PUCS (Kg.)
W_R		
W_{R+ MAT}		

Donde:

W_R : Masa de la recipiente (Kg.)

W_{R+ MAT} : Masa del recipiente mas la muestra(Kg.)

PUSS: Peso unitario suelto seco(Kg/m³)

PUCS: Peso unitario compacto seco. (Kg/m³.)

B.1.3) Peso Específico y Absorción (ASTM C-127)

Para este ensayo se sumergió el agregado fino en agua durante 24 ±4 horas, luego se secó superficialmente la muestra, con ayuda de cocinas eléctricas y una pequeña mesa metálica de 20cm x 20cm; para esto se colocó bajo la mesa metálica la cocina eléctrica y sobre la mesa metálica la arena saturada con agua, con ayuda de una espátula o un badilejo se remueve la arena, para que el secado sea homogéneo. Con la arena ya seca superficialmente se la colocó en un cono metálico y se la compactó en 3 capas, cada capa con 25 golpes (el chuseador se dejó caer por propio peso), luego se levanta el cono (desmolda), y de la forma adquirida de la arena deberá desmoronarse como máximo la tercera parte de esta, de lo contrario se deberá volver a colocar a la mesa metálica si no se desmoronó lo suficiente o se volverá a sumergir en agua si se desmoronó más de 1/3 de la forma adquirida. Si se desmoronó 1/3 de la forma adquirida, a esa arena semi seca, se le llama arena saturada superficialmente seca (m_{sss}). Paralelamente al secado superficial de la arena, se pesó una fiola (N), y luego se la llenó con agua hasta el límite de los 500 ml, y se la volvió a pesar (B), posteriormente se dejó secar la fiola al ambiente. Luego la arena seca superficialmente se colocó dentro de la fiola con ayuda de un embudo y se tomó el tercer peso (M), luego se la llenó de agua, para poder rolar y eliminar el aire atrapado, posteriormente se llenó con agua hasta el límite de 500 ml, y se tomó el penúltimo peso (C). Finalmente se sacó la muestra a un recipiente para poder secarla y tomar el último peso (A). Con todos los datos hallados, se puede hallar la absorción y el peso específico de cada agregado fino. Para determinar la absorción de cada agregado fino se usó la formula tabla:

$$\% \text{ Abs} = \frac{S - A}{A} \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{Fórmula N}^\circ 5$$

Donde:

% Abs: Absorción (%)

A : Masa seca, después del secado en el horno (g.)

S : Masa en estado saturado superficialmente seca (m_{sss}) (g.)

Para determinar el peso específico de cada agregado fino se usó la fórmula siguiente:

$$Pe = \frac{A}{B + S - C} \quad \dots\dots\dots \text{Fórmula N}^\circ 6$$

Donde:

Pe : Peso específico (%)

A : Masa seca, después del secado en el horno (g.)

B : Masa en estado saturado superficialmente seca (m_{sss}) (g.)

C : Masa de la fiola más muestra saturada superficialmente seca más agua. (g.)

Para el valor de “S”, se necesitó la fórmula

$$S = M - N \quad \dots\dots\dots \text{Fórmula N}^\circ 7$$

Donde:

M : Masa de la fiola más muestra saturado superficialmente seca (g.)

N : Masa de la fiola (g.)

S : Masa de la muestra saturada superficialmente seca. (g.)

Tabla N°15: Tabla matriz para Peso Especifico

Masa seca	A
Masa en estado saturado superficialmente seca	B
Masa de la fiola más muestra saturado superficialmente seca más agua	C
Masa de la fiola más muestra saturado superficialmente seca	M
Masa de la fiola	N
Masa de la muestra saturada superficialmente seca	M - N

B.1.4) Humedad (ASTM D-2216)

Para determinar la humedad de cada agregado se determinó y registró la masa de un contenedor limpio y seco (M_c). Para prevenir la mezcla de especímenes y la obtención de resultados incorrectos, previamente cada contenedor fue codificado. Luego se colocó una porción de agregado fino, dentro del contenedor y se registró la masa del contenedor más la porción del agregado fino (M_{cws}), mediante el uso de una balanza de acuerdo al peso del espécimen. Posteriormente, se colocó el recipiente y el agregado fino contenido, en una estufa por 24 ± 4 horas, a una temperatura de 110 ± 5 °C. Finalmente se tomó un último peso (M_{cs}), del recipiente más el material contenido, y se calculó el contenido de humedad (W). El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado al horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua (M_w) existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas (M_s), ósea:

$$W(\%) = \frac{M_w}{M_s} \times 100 = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 \quad \dots \text{Fórmula N}^\circ 8$$

Donde:

W : Es el contenido de humedad, (%)

M_{cws} : Es la masa del contenedor más el agregado húmedo. (g.)

M_{cs} : Es la masa del contenedor más el agregado secado en horno. (g.)

M_c : Es la masa del contenedor. (g.)

M_w : Es la masa del agua. (g.)

M_s : Es la masa de las partículas sólidas. (g.)

Tabla N°16: Tabla matriz para Humedad

	Masa del contenedor	Es la masa del contenedor más el agregado húmedo	Masa del agregado húmedo	Masa del contenedor más el agregado secado	Contenido de humedad
Agregado Fino I					

B.2) Caracterización Química

Caracterización Físico-Química (ASTM D 4972)

Para poder realizar esta caracterización, se necesita del equipo de multiparámetro. Se pesar 10 g. del material en un vaso de precipitación

y sobre este vaciar 100 ml de agua destilada y homogenizar la solución por 5 minutos, agitándola. Para posteriormente introducir los electrodos en el vaso de precipitación, para poder tomar las lecturas de salinidad (%), conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y sólidos totales suspendidos (mg/L), así como también la temperatura. Como la caracterización incluye un valor de pH, se medirá con ayuda de un pH metro. Estos datos, ayudarán a determinar la buena o mala calidad de los agregados de cada cantera, para poder diagnosticar si es un buen o mal agregado, que puede o no debe usarse en una mezcla.

Tabla N°17: Tabla matriz para Caracterización Físico Química

MUESTRA	Salinidad (%)	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sólidos Totales suspendidos (mg/L)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
Agregado Fino I				

C. Elaboración de Diseño de Mezcla

Para la elaboración del diseño de mezcla, se planteó trabajar con 5 adiciones para la Sika Fiber CHO 6535 NB las cuales fueron:

- 20 gramos
- 40 gramos
- 60 gramos
- 80 gramos
- 100 gramos

Y 3 adiciones para la Sika Fiber Force PP48, las cuales fueron:

- 5 gramos
- 10 gramos
- 15 gramos

La tabla siguiente, nos muestra la proporción en volumen y pesos, que se usó para las probetas.

Tabla N° 18: Tabla matriz para Peso Unitario de agregados

Proporción	Volúmenes		Pesos		Agua (g.)	R a/c
	Cemento	Arena	Cemento (g.)	Arena (g.)		
1 : 2	1	2	333.33	666.67	166.66	0.50

D. Conformado, Codificación y Curado de Probetas (ASTM C 31)

D.1) Conformado de probetas

Con el diseño de mezcla (proporciones) ya establecido, se conformaron las 81 probetas establecidas en la unidad de estudio.

Para lo cual, o primero que se hizo fue pesar los materiales a usar agua, cemento y agregado fino. Previamente se adquirieron los moldes de madera. Luego se colocó en un recipiente plástico el agregado fino y el cemento, y se los mezcló hasta quedar homogenizada la mezcla, posteriormente se agregó el agua por partes, para garantizar que la mezcla siga siendo homogénea, paralelamente se colocó una pequeña cantidad de aceite a los lados del molde, para que no se pegue la mezcla de estos,

A continuación, se colocó la mezcla dentro de los moldes de dimensiones 16x4x4 cm, y se los compactó con un pequeño apisonador de manera, el molde se llenó en tres capas y por cada capa se apisonó la mezcla, finalmente se enrazó, para eliminar mezcla sobrante, y se dejó los moldes en una zona fresca, para su posterior desmolde.

D.2) Codificación de probetas

Cada probeta se codificó, según su adición y según el lugar de procedencia del agregado fino. (Nombre de cantera)

Los códigos usados en las probetas, fueron los siguientes:

Tabla N° 19: Códigos de probetas

Código	Signif
20 Fiber CHO 6535	20 gramos de Sika Fiber CHO 6535
40 Fiber CHO 6535	40 gramos de Sika Fiber CHO 6535
60 Fiber CHO 6535	60 gramos de Sika Fiber CHO 6535
80 Fiber CHO 6535	80 gramos de Sika Fiber CHO 6535
100 gramo Fiber CHO 6535	100 gramos de Sika Fiber CHO 6535
5 Force PP48	5 gramos de Sika Fiber Force PP48
10 Force PP48	10 gramos de Sika Fiber Force PP48
15 Force PP48	15 gramos de Sika Fiber Force PP48

D.3) Curado de probetas

Cuando las probetas ya conformadas y desmoldadas se colocaron en la poza de curado llena de agua con cal, a una temperatura de 25 °C, por un tiempo de 28 días.

E. Ensayo de resistencia a la flexión (ASTM C 293)

Con las probetas ya curadas, se pasó a realizar el ensayo de resistencia a la flexión con los siguientes parámetros.

Tipo: Rectangular

Forma: 16cm x 4cm x 4cm

Posteriormente, se ubicó la probeta en la plataforma de acero, para proceder a obtener la fuerza (KN); finalmente, las probetas se examinaron para evaluar las posibles fallas.

El valor que reporta el equipo, en fuerza (KN), tuvimos que aplicar la fórmula de flexión para obtener la resistencia a la flexión; pero el valor de resistencia a la flexión, que necesitamos, es en unidades (Kg/cm²). Para lo cual el factor de conversión se muestra en la siguiente fórmula.

$$(\text{MPa}) \times 10^{19} = \text{Kg/cm}^2 \dots\dots\dots \text{Fórmula N}^\circ 9$$

Para un material elástico, dentro de los límites de elasticidad, la deformación es proporcional a la fuerza aplicada. Las características elásticas de un material homogéneo e isótropo quedan completamente definidas por el conocimiento de su módulo de Young, E, y su coeficiente de Poisson, σ . En esta práctica nos preocuparemos solamente del módulo de Young. Cuando se flexiona una varilla, ésta experimenta un alargamiento por su parte convexa y una contracción por la cóncava. El comportamiento de la varilla está determinado por el módulo de Young del material del que está hecha; de modo que el valor de dicho módulo puede determinarse mediante experimentos de flexión. Utilizaremos una varilla de sección transversal rectangular apoyada sobre cuchillas por sus dos extremos (o sobre placas, haciendo las veces de cuchilla el filo que toca con la varilla). Si aplicamos una fuerza vertical hacia abajo, F, en el punto medio de la varilla, la deformación elástica que ésta experimenta se traduce en un descenso de dicho punto, llamado flecha de flexión, S, que, por la ley de Hooke, es proporcional a la fuerza aplicada, esto es:

$$S = kF \dots\dots\dots \text{Fórmula N}^\circ 10$$

Siendo k una constante de proporcionalidad (constante elástica) que depende de las características geométricas de la varilla y del módulo de Young, E, del material.

El cálculo flexión es:

$$R_f = \frac{3}{2} \cdot \frac{F \times S}{bh^2} \quad \dots\dots\dots \text{Fórmula N°11}$$

En donde:

- Rf : Resistencia a la flexion
- F : Fuerza
- S : Spam
- b : ancha
- h : altura

Tabla N°20: Matriz y llenado para resistencia a la flexión

Código	Velocidad (KN/seg)	Fuerza (KN)	Desplazamiento (mm)
P1	0.90		

F. Análisis de Resultados

Se analizaron los resultados, de forma gráfica y numérica, teniendo en cuenta su desviación estándar y la varianza.

F.1) Desviación Estándar

$$DS = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad \dots\dots\dots \text{Fórmula N°12}$$

Donde:

- DS : Desviación Estándar
- X : Valor
- \bar{x} : Valor promedio de los valores
- n : Número de muestras

F.2) Varianza

$$V = \frac{DS}{\bar{X}} \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{Fórmula N°13}$$

Donde:

- DS : Desviación Estándar
- \bar{x} : Valor promedio de los valores
- V : Varianza

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

AGREGADO FINO

4.1. Propiedades Físicas de agregados finos

4.1.1) Ensayo de Granulometría

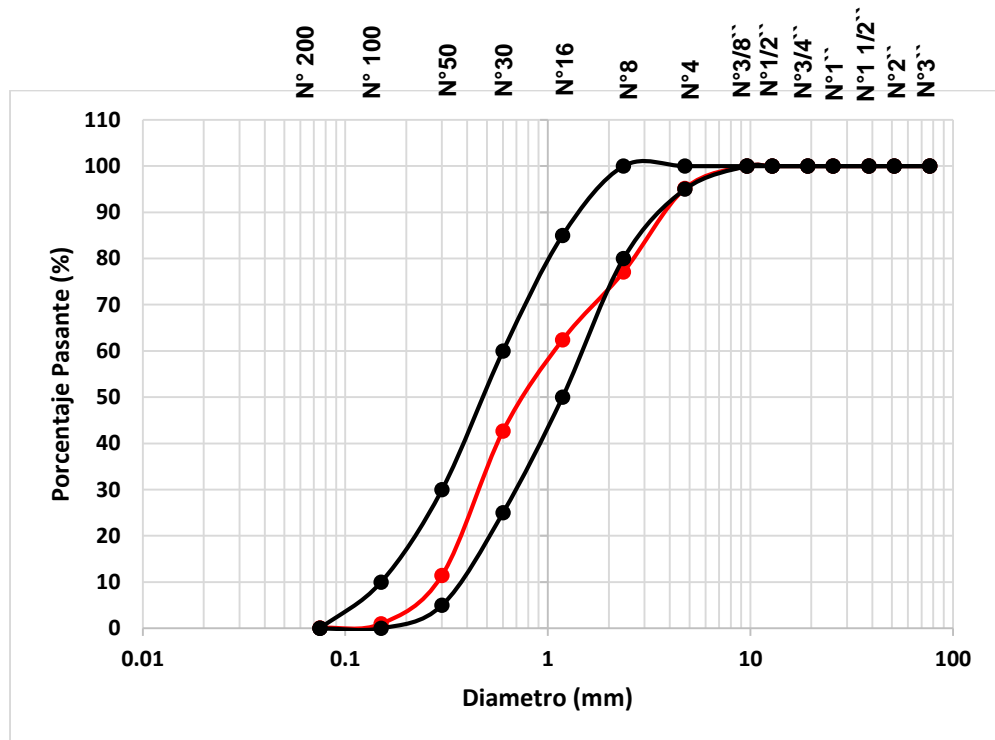


Figura N° 10: Curva granulométrica del agregado fino

Tabla N°21. Análisis granulométrico, expresado en porcentajes

Material	Cantidad (%)	Suma de cantidades (%)
Grava	0.0	0.0
Arena	Arena Gruesa	22.9
	Arena Media	65.6
	Arena Fina	11.4
Finos	0.1	0.1
TOTAL		100

4.1.2) Propiedades físicas y químicas de los agregados finos

Tabla N° 22: Cuadro resumen de propiedades físicas y químicas

Parámetros	Peso Unitario Suelto Seco (kg/m ³)	2285
	Peso Unitario Compacto Seco (kg/m ³)	2491
	Absorción (%)	1.0
	Humedad (%)	0.6
	Salinidad (%)	0.0
	Conductividad (μS/cm)	263
	Sólidos Totales suspendidos (mg/L)	137
	pH	7

MORTEROS PARA TALUD

4.2. Propiedades Mecánicas del mortero: Resistencia a la flexión

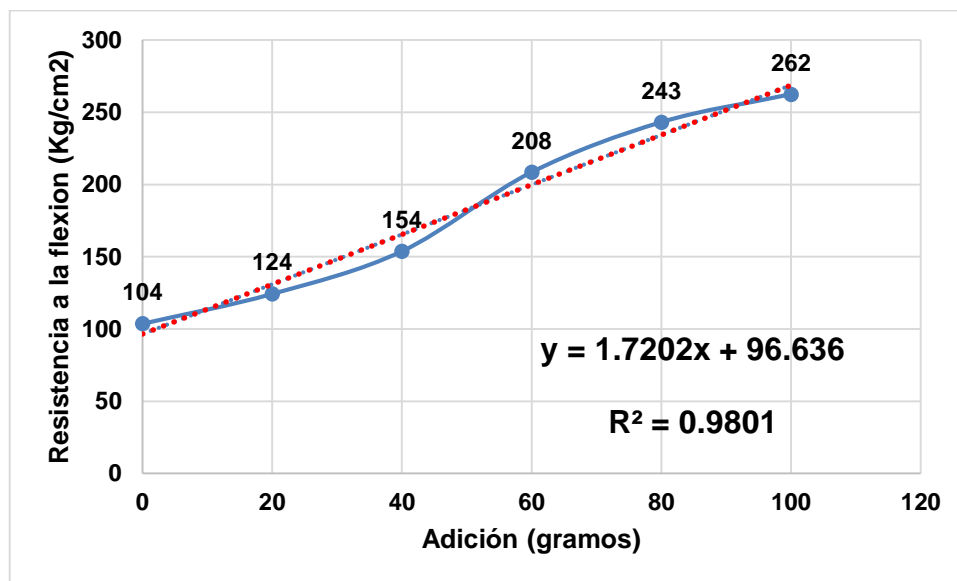


Figura N° 11: Curva de Flexión, para Sika Fiber CHI 6535 NB

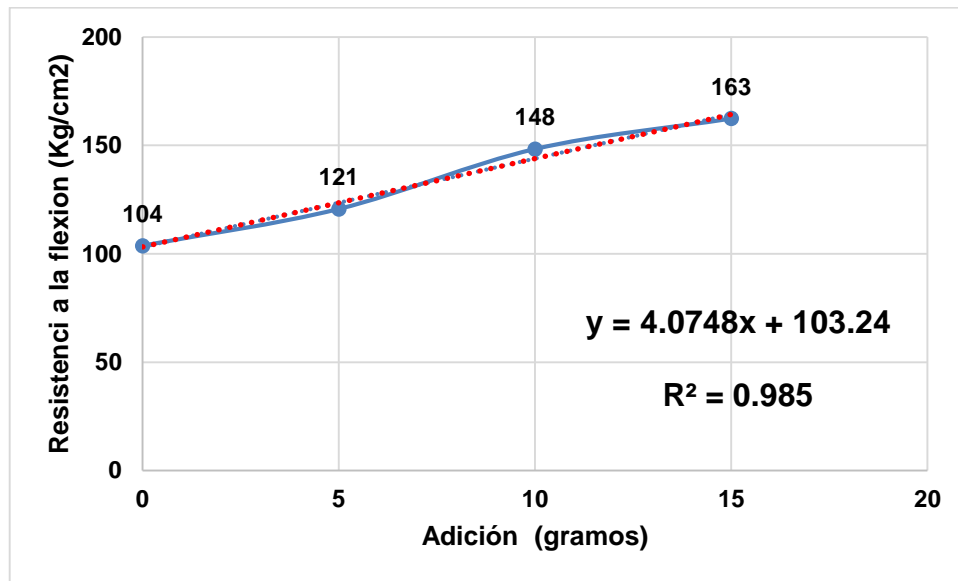


Figura N° 12: Curva de Flexión, para Sika Fiber Force PP48

4.3. Costo para la fabricación de mortero para taludes

Para determinar qué tipos de fibra es más económica emplear, en el uso de morteros para taludes, tenemos que tomar como base la Tabla N°23.

Entonces los precio y cantidades para el uso de 5 kilos de cada fibra, está dado por la siguiente tabla:

Tabla N°23. Cantidad de material para un m³, de mortero

Material	Masa (Kg)
Agregado fino	667
Cemento	333
Agua	166.5

Pero debemos tener en cuenta lo siguiente:

Debido a que el porcentaje de fibra, se elabora en base a la cantidad de cemento:

En un m³ de mortero con una r a/c = 0.5, existe:

Entonces 5 kilos de fibra, representa el 1.5% de fibra, en base al cemento, para lo cual el precio de la elaboración de mortero para 5 kg., de fibra, dado que las fibras poliméricas, en su contenido vienen 5 Kg., y las fibras metálicas, en unos volúmenes de 20 Kg, para esto se sacó un mínimo multiplicador, y se determinó 5 kilogramos de fibra por metro cubico.

La cual se da por la siguiente tabla:

Tabla N°24. Resumen de costeo para 5 kg., de fibra

Material	Cantidad	Unidad	Masa (Kg)	Precio (S/.)	Masa (Kg) para 5 kg de fibra	Costo (S/.)	
Agregado fino	1	m ³	1000	40.00	667	13.30	
Cemento	1	bolsa	42.5	23.50	333	188.00	
Fibra	SIKA FIBER CHO 6535	1	bolsa	20	203.70	5	50.90
	SIKA FIBER FORCE PP48	1	bolsa	5	138.00	5	138.00

Por lo tanto, para un m³ de mortero reforzado con fibra al 1.5% del cemento (5kg de fibra):

- Con fibra SIKA FIBER CHO 6535, es costo es de S/.252.20
- Con fibra SIKA FIBER FORCE PP48, es costo es de S/. 339.30

La siguiente tabla, determina el costo para un m³, de mortero para taludes reforzado con fibras, teniendo en cuenta la tabla N°25: Para 1m³ de mortero:

- 667 kg de agregado fino: S/.13.30
- 333 kg de cemento: S/.188.00

Haciendo un total de S/. 201.30

Tabla N°25. Costo de mortero, con diferentes fibras pero similar resistencia

Fibra	Adición (kg.)	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	Resistencia a la flexión aproximada. (kg/cm ²)	Costo de fibra (S/.)	Costo de 1m ³ de mortero reforzado
FIBER FORSE PP48	5	121	120	138.00	339.30
SIKA FIBER CHO 6535	20	124		203.70	405.00

FIBER FORSE PP48	10	148	150	276.00	477.30
SIKA FIBER CHO 6535	40	154		407.40	608.70

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

5.1. Discusión de resultados

- La flexión, es una propiedad mecánica, y la resistencia a la flexión es el ensayo más común e incluso el más usado cuando se trabaja con mezclas reforzadas con fibras, e inclusive, cuando se emplea un tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal, el término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión. Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas. Entonces tomando en cuenta la definición de resistencia a la flexión, siendo esta el esfuerzo máximo de la fibra que se desarrolla en una probeta, justo antes de que se agriete o se rompa en un ensayo de flexión; dicho de otra manera, es capacidad de una probeta a soportar una carga puntual, cuando dicha probeta esta sobre dos puntos de apoyo. La Figura N°11, muestra el resumen de los valor de resistencia a la flexión, en donde se puede visualizar que a medida que aumenta la adición en gramos de SIKA FIBER CHO 6535 NB, aumenta el valor de resistencia a la compresión, desde 124 Kg/cm², con una adición de 20 g., hasta 262 Kg/cm², empleando 100 gramos de fibra metálica; y con la misma tendencia se puede observar la Figura N°12, la cual nos muestra que a medida que aumenta la adición de fibra plástica, aumenta la resistencia a la compresión desde 121 Kg/cm², con una adición de 5 g., hasta 262 Kg/cm², empleando 15 gramos de fibra plásticas de SIKA FIBER FORCE PP 48. Todo esto con una relación agua/cemento de 0.5 y una proporción de 1 de cemento: 2 de arena. Además, podemos decir que, independientemente del tipo de fibra, plástica o metálica, ambas tienden a mejorar su resistencia, respecto a una probeta patrón. Pero si hablamos de la comparación entre las probetas reforzadas con fibra plástica (SIKA FIBER FORCE PP 48) y las reforzadas con fibra metálica (SIKA FIBER CHO 6535 NB), respecto a sus máximos valores de resistencia a la flexión, las reforzadas con fibra metálica son mucho más altas, que las reforzadas con fibra plásticas, ya que, si tomamos la teoría, la cual independientemente de la adición en gramos de las fibras, el valor de resistencia a la flexión depende de tres factores. Uno de ellos el origen de la fibra, sienten estos los casos de origen metálico y plástico, por lo cual como sabemos los metales tienen un mayor módulo de elasticidad y tienen un mayor grado de deformación, por ende, tienden a soportar más carga antes de su fractura, lo cual demostraría el porqué de los elevados valores de resistencia a la flexión de SIKA FIBER CHO 6535 NB. El segundo es la orientación que presentan dichas fibras, las cuales funcionan como refuerzo de una matriz, siendo este el caso el mortero, ya que como sabemos una distribución dispersa (distribución randón) de las fibras genera valores bajos respecto a su flexión, una

distribución homogénea y paralela, da valor ligeramente altos de flexión, pero cuando se usan fibras largas, paralelas y homogéneas, los valores de flexión, siempre son altos, dado que la transmisión de grietas, encuentra en su camino muchos topes, generando que la grietas demore en transmitirse y de esta manera brinde un mayor valor en flexión. El tercer factor, sería la forma de las fibras, dentro de ellas su geometría, ya que SIKA FIBER FORCE PP 48, tiene forma cilíndrica, pero SIKA FIBER CHO 6535 NB, en sus extremos tiene dobleces, lo cual genera un mayor anclaje al mortero, evitando de esta manera su fácil ruptura, pero también influye el diámetro de las fibras, ya que en la primera su diámetro es de próximamente 1 mm, a comparación de las fibras metálicas, que es 3 mm, esto generaría una mayor resistencia, dado que soportaría una mayor carga y por ende, un elevado valor de resistencia a la flexión.

Tanto en la figura N°11, como en la figura N°12, los puntos que expresan la resistencia a la flexión reforzado con distintas tipos y adiciones de fibra, no están completamente alineados, pero puede que tengan una fuerte correlación, por lo cual es útil conocer si ambas variables están relacionadas, y, en caso afirmativo, encontrar la expresión que refleja dicha relación; por lo cual para la figura N°11, que expresa la curva de flexión, cuando se usó SIKA FIBER CHO 6535 NB, la ecuación representativa es $Y=1.7202x + 93.636$ y para la figura N°12, que expresa la curva de flexión, cuando se usó SIKA FIBER FORCE PP 48, la ecuación representativa es $Y=4.0748x + 103.24$, entonces dado que la ecuación que mejor relaciona la adición de fibras y la resistencia a la flexión, es la de una recta, decimos que existe correlación lineal. Además, dichas ecuaciones representativas sirvan para estimar valores Y (resistencia a la flexión) desconocidos a partir de valores de x (adición de fibra) conocidos.

Para la figura N°11 y figura N°12 los valores de el coeficiente de determinación (R^2) son 0.9801 y 0.9850, respectivamente. Pero la correlación de Pearson (R), cuyo coeficiente nos informa del grado de relación entre nuestras dos variables, para ambas figuras “R” es 0.99; indicando que la relación es una línea casi perfecta, además de que al ser “R” positivo, nuestra relación es positiva, es decir que: Si aumenta x (adición de fibra), aumenta Y (resistencia a la flexión); también nos dice la teoría que si $R>0.80$, se considera valores altos.

- En la tabla A-08, se muestran las fuerzas reportadas por el equipo de resistencia a la flexión, para cada adición y cada tipo de fibra y cada una con tres repeticiones, para lo cual como todo equipo, siempre tiene una determinada desviación que indica el grado de dispersión que puede tener todos los datos, respecto al valor medio de estos; para este caso la desviación estándar varía entre 0.032 y 0.484 a excepción en la adición de 80 gramos de FIBRA SIKA FIBER CHO 6535, que alcanzó un valor de 1.592. Pero en el

coeficiente de validación los datos obtenidos son en su gran mayoría son menores al 5%, indicando que son datos con un coeficiente de validación muy alto.

- En la Figura N°10, se puede observar la curva de análisis granulométrico de la cantera “San Idelfonso”, en donde se puede visualizar que a partir de la malla N°4, disminuye el porcentaje pasante, es decir, hay mayor cantidad de masa retenida, garantizando de esta manera, que se trata de un agregado fino, siendo este el caso de arena gruesa, también es uno de los requisitos tener mayor cantidad de masa retenida entre la malla N°30 y N°50, lo cual se corrobora en la misma curva granulométrica. Además, la norma ASTM C136, menciona que una arena adecuada para mezcla de concreto y mortero, debe tener un módulo de finura entre 2,3 y 3,1; donde un valor menor a 1,5, indicaría que se trataría de una arena fina, un valor de 1,5 a 2,5 una arena media y un módulo de finura entre 2.5 y 3.1, es indicador de una arena gruesa. Tal y como se visualiza en las Tablas A-01, A-02 y A-0.3, los valores de módulo de finura de la cantera San Idelfonso es de 3.0; corroborando de esta manera que el material usado como agregado fino, pertenece a una arena gruesa. También, la norma antes mencionada, dice que, en agregados finos, el material pasante la malla #200, es decir materiales finos, no debe pasar el 3%. En donde en las tablas antes mencionadas, los porcentajes de pesos retenidos pasados las mallas #200, son menores al 3%, cumpliendo con un requisito para ser un buen agregado. Respecto al módulo de finura, en la cantera San Idelfonso, el valor de módulo de finura esta casi en el límite máximo de lo permitido, con lo cual podemos decir que, al tener mayor área superficial en un volumen dado, tiene un mayor acomodo en el mortero, y al tener un mayor menor grado de absorción y porosidad, permite una mayor adherencia y unión del mortero.
- En Tabla N°23, se muestra el peso unitario, siendo la unidad de volumen de material a granel en las condiciones de compactación y humedad; para lo cual el peso unitario suelto seco (PUSS) y compacto seco (PUCS), con lo cual, existe una teórica, la cual indica que, a mayor peso unitario existente, brindara un mayor grado de respuesta, respecto a sus resistencias, y como los resultados obtenido de la cantera San Idelfonso, para el PUSS, es de 2285 kg/m³ y para PUCS de 2491 kg/m³, son valores ligeramente elevados, con lo se garantiza un aumento en su resistencia.
- En la tabla N°23, se muestra el valor de la absorción del agregado fino de la cantera San Idelfonso, la cual tiene el valor de 1%, para lo cual tomando como base la teoría de absorción, la cual nos dice: La absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado, y sabiendo que los agregados finos de origen natural presentan alta absorción, siendo para los agregados finos aproximadamente 1%; entonces podríamos decir que, visto desde el punto de vista económico, lo que un investigador busca es no solo usar

buenos materiales y obtener mejores resultados, si no también economizar gastos, y en este caso se debería al menor uso de agua respecto a la mezcla, puede que el valor de absorción no sea tan bajo, pero en grandes cantidades de producción, este valor sería muy significativo.

- En la tabla N°23, se muestran los valores de las propiedades químicas de la cantera San Idelfonso, entre ellas la salinidad, con un valor de 0.0%, asimilándose a la salinidad del agua destilada, y dado que está relacionado con la alcalinidad, y el valor de la salinidad es casi nulo, si lo clasificamos según la teoría, vendrían a ser un agregado fino de salinidad baja, que no afecta a ningún tipo de medio, comprobando que no podría producir una futuro eflorescencia u otro tipo de problema superficial.

Siendo el valor de la conductividad 263 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un valor significativamente bajo, garantizamos que la velocidad con la que la corriente eléctrica atraviesa una solución es baja.

Si hablamos de la cantidad de solidos totales suspendidos (TDS), presente en el agregado fino de la cantera San Idelfonso, su valor es también relativamente bajo, con un 137 mg/L, en donde tomando la definición general de TDS, que es la cantidad de sólidos presentes en suspensión, dicho de otra manera, es la cantidad de impurezas innecesarias presentes en el agregado, podríamos decir que esta cantera es una cantera, con limpia, libre de impurezas.

Sabiendo que el pH, es un factor muy influyendo en las mezclas de concreto y mortero, el valor obtenido de la cantera San Idelfonso, es casi neutro, garantizando de esta manera, que no ayudara a la corrosión acida, ni básica de las fibras empleadas en esta investigación.

- En la tabla N°24, se visualiza un cuadro resumen para 1 m³ de mortero reforzado, con diferentes fibras (SIKA FIBER CHO 6535 NB y SIKA FIBER FORCE PP 48), donde se puede concluir que independientemente del precio del agregado, cemento y cantidad de fibra, el costo es mas elevado al usar SIKA FIBER FORCE PP 48, porque su presentación esta dado en una bolsa de 5 kg., y por un precio de S/.138, a comparación de SIKA FIBER CHO 6535 NB, que en su presentación tiene 4 veces mas en peso, pero con un precio de S/. 203.70; dando un precio por kilo de S/10.20 para la fibra metálica y S/. 27.6 para la fibra de plástico; diferenciándose de esta manera, enormemente en el precio de la fibra, aumentado el gasto en la producción de mortero reforzado con fibras.
- En la tabla N°25, se hizo una comparación de precios con el uso de fibras metálicas y de plástico, pero con resistencias similares, de donde se puede decir que: Si se deseara una resistencia de 120 kg/cm², el costo de producción para 1 m³ de mortero reforzado con fibras, es de S/.339.30 para SIKA FIBER FORCE PP 48 y S/. 405.00 para SIKA

FIBER CHO 6535 NB. Y para una resistencia de 150 kg/cm^2 , para producir 1 m^3 de mortero reforzado, con el uso de fibra de plástico el precio de producción es de S/.477.30 y para la fibra metálica S/.608.70; concluyendo que para resistencia similares de 120 kg/cm^2 y 150 kg/cm^2 ; se recomienda usar SIKA FIBER FORCE PP 48.

- En términos generales, la fibra de acero ocasiona que al mortero se vuelva ligeramente menos resistente, pero más dúctil cuando se somete a fuerzas de flexión, dado que las fibras por sé de origen metálico, tienen a aumentar la capacidad de deformación del mortero reforzado, además la fibra de acero le proporciona un efecto de confinamiento al mortero y, por tanto, a medida que incrementa el contenido de fibras de acero, aumenta su resistencia a la flexión.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

- Se determinó la Influencia de la adición de fibras de plástico y fibras de metal, sobre la resistencia a la flexión en morteros para taludes, determinando que las fibras metálicas, dan mejores resultados en sus propiedades.
- Se evaluó la mejor adición de SIKA FIBER FORCE PP48, siendo 15 gramos de fibra polimérica la mejor adición, obteniendo mejor resultados en la resistencia a la flexión en morteros para taludes, un resultado de 162 Kg/cm².
- Se analizó la mejor adición de SIKA FIBER CHO 6535, siendo 100 gramos de fibra metálica la mejor adición, obteniendo mejores resultados en la resistencia a la flexión en morteros para taludes 262 Kg/cm².
- Se determinó el costo promedio para la fabricación de mortero para taludes con SIKA FIBER FORCE PP48 y SIKA FIBER CHO 6535, tomando como base 1 m³ de dicho mortero, y 1.5% de adición de fibra, el precio neto de fibra polimérica para la fabricación de dicho mortero es de S/.138.00, a comparación de la fibra metálica con un precio neto de S/. 50.90, la diferencia de precio radica en la cantidad de producto contenido en los empaques de cada fibra.

CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES

- Elaborar probetas con la combinación de SIKA FIBER FORCE PP48 y SIKA FIBER CHO 6535, para determinar la adherencia y resistencia a la flexión, que pueden llegar a tener, con una combinación.
- Usar otras proporciones de cemento: arena, en morteros para taludes, comparando los valores alcanzados en resistencia a la flexión.
- Determinar el nivel de corrosión, que se presente en las probetas con SIKA FIBER CHO 6535.
- Utilizar otro tipo de fibras, de origen sintético, tales como: SikaCem-1 Fiber, Sikafiber PE, y Sika Fiber LHO 45/35 NB, para determinar el comportamiento que presentan frente a las fibras poliméricas y metálicas empleadas en esta investigación.
- Realizar el ensayo de deformación, para determinar el punto máximo del módulo de elasticidad, que presenta cada tipo de probetas de morteros para taludes.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ANGELONE, S., 2010. **“Estabilidad De Taludes”**. Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/geolgiaygeotecnia/ESTABILIDAD%20TALUDES%202010%20color%20.pdf>. [Consulta] Enero del 2017.

ARMAS-ZAGOYA, JUAN MIGUEL (2004). Tesis de Maestría en Ciencias Geológicas: **“Cartografía Geológica-Estructural del Valle de Huizachal como base para el análisis de estabilidad de taludes de la carretera Rumbo Nuevo, Cd. Victoria Tamaulipas, Méxi”**. [Consulta] Enero del 2017.

CALVERA J Y AZKARATE I, 2005, **“Cemento Hormigon”**, Edición N° 882. Madrid, España. [Consulta] Noviembre del 2017.

CARRILLO L, A., 2011. **“Riesgo Geotécnico En Los Andes Peruanos”**. Revista del Centro de Investigación de la Universidad Ricardo Palma. [Consulta] Diciembre del 2017.

CASTIARENA, 1994. **Curso de Tecnología del Concreto**, Disponible en: <http://www.frcon.utn.edu.ar/wpfrcon/wp-content/uploads/2015/07/Tecnolog%C3%Ada-del-Hormig%C3%B3n.pdf>. [Consulta] Noviembre del 2017

CEPEDA, J., 2009. **“conservación y explotación de carreteras”**. Disponible en: <http://libreria.fundacionlaboral.org/ExtPublicaciones/Conservacion2.pdf> [Consulta] Enero del 2017.

CHEON-GOO, H., YIN-SEONG, H., ET. AL., 2005. **“Performance of spalling resistance of high performance concrete with polypropylene fiber contents and lateral confinement”**
Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884604005101>
[Consultado] Noviembre del 2017.

CUROSU, L., LIEBSCHER, M., et. al., 2017. **“Tensile behavior of high-strength strain-hardening cement-based composites (HS-SHCC) made with high-performance polyethylene, aramid and PBO fibers”** Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884616312285>
[Consultado] Noviembre del 2017.

DE MATTEIS, A., 2003. “**Geología y geotecnia**” Universidad Nacional de Rosario Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20TaluDES.pdf>. [Consulta] Diciembre del 2017.

GOMEZ, M., CARVAJAL, A., SANTELICES, B., 2011. “**Influencia del polietileno de alta densidad (pead) usado como adición en el mortero de cemento**” [Consultado] Noviembre del 2017.

GONZALO, S. Y ZANUY, C., 2017. “**Resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras metálicas**”. Disponible en: <http://www.civilfrontier.com/concreto/resistencia-a-la-flexion-del-concreto-reforzado-con-fibras-metalicas/> [Consultado] Noviembre del 2017.

GUTIÉRREZ DE LÓPEZ. L. 2003. “**El concreto y otros materiales para la construcción**”. Universidad Nacional de Colombia, Manizales – Colombia. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/6167/17/9589322824_Parte5.pdf [Consulta] Diciembre del 2017.

INGENIERÍA REAL, 2011. “**Fallas en Taludes**”. Escuela universitaria de ingeniería técnica agrícola de ciudad Real. [Consultado] Noviembre del 2017.

LÓPEZ G.L., LÓPEZ P.J., 2008. Catedra de ingeniería rural, TEMA 9. 2008. “**Morteros**”. Escuela universitaria de ingeniería técnica agrícola de ciudad Real, Disponible en: https://www.uclm.es/area/ing_rural/Trans_const/Tema9.pdf [Consulta] Noviembre del 2017.

MILIARIUM, 2008, “**Ingeniería civil y medio ambiente**”. Disponible en: miliarium.com/prontuario/Suelos/SalinizacionSuelos.htm [Consulta] Noviembre del 2017.

MINISTERIO DE TRANSPORTES. (S.F.). “**Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria**”. Disponible en: <http://web.mintransporte.gov.co/pvr/images/stories/documentos/taludes4> [Consulta] Diciembre del 2017.

MUÑOS, F., 2013. “Comportamiento Mecánico del Hormigón Reforzado con Fibra de Polipropileno Multifilamento: Influencia del Porcentaje de Fibra Adicionado”. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13552/PFG%20completo.pdf?sequence=1> [Consultado] Noviembre del 2017.

PINEDA, L., 2000. “**Alternativas e intervención de taludes**” Universidad centroamericana Jose Simein Cañas. Disponible en: http://cef.uca.edu.sv/descargables/2011_12_cursoMAGMA/alternativas_de_estabilizacion_de_taludes.pdf [Consulta] Diciembre del 2017.

RODRIGUEZ, J. Y SEGURA, V., 2013 “**Análisis comparativo del efecto de los distintos tipos de fibras en el comportamiento post fisura del hormigón reforzado con fibras**” Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33350/Proyecto%20Final%20de%20Grado.pdf?sequence=3> [Consultado] Noviembre del 2017.

SAUL MONTOYA, 2013. “**Estabilidad de taludes, deslizamientos de tierras y sus causas**” <http://gidahatari.com/ih-es/estabilidad-de-taludes-deslizamientos-de-tierra-causas>. [Consultado] Diciembre del 2017.

VILLAROEL, M., 2014.”En su investigación de “**Morteros reforzados con fibras de polipropileno, resistencia a la flexión y compresión**”. Disponible en: http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_tc/article/view/3610/3458 [Consultado] Noviembre del 2017.

APÉNDICE

APÉNDICE I

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO

Tabla A-01: Análisis granulométrico de la cantera San Idelfonso, muestra 1

Malla		Muestra 1				
N° de malla	W _M (g.)	W _{M+M} (g.)	W _R (g.)	% W _R	% W _{RA}	% Pasante
3"	549,60	549,66	0	0	0	100
2"	536,20	536,20	0	0	0	100
1 1/2"	552,90	552,90	0	0	0	100
1"	535,20	535,20	0	0	0	100
3/4"	563,38	563,38	0	0	0	100
1/2"	535,21	535,21	0	0	0	100
3/8"	541,9	541,90	0	0	0	100
4	508,11	604,26	96,15	4,8	4,96	95
8	489,85	849,69	359,84	18,05	22,94	77
16	411,88	704,24	292,39	14,60	37,67	62
30	402,21	794,29	392,08	19,78	57,35	43
50	369,67	990,69	621,02	31,27	88,50	12
100	345,95	554,36	208,41	10,40	99,04	0,9
200	299,84	317,43	17,59	0,888	99,95	0,1
FONDO	369,9	371,86	1,96	0,095	100	0
Módulo de Finura					3.10	

Tabla A-02: Análisis granulométrico de la cantera San Idelfonso, muestra 2

Malla		Muestra 1				
N° de malla	W _M (g.)	W _{M+M} (g.)	W _R (g.)	% W _R	% W _{RA}	% Pasante
3"	549,66	549,66	0	0	0	100
2"	536,20	536,20	0	0	0	100
1 1/2"	552,90	552,90	0	0	0	100
1"	535,20	535,20	0	0	0	100
3/4"	563,38	563,38	0	0	0	100
1/2"	535,21	535,21	0	0	0	100
3/8"	541,90	541,90	0	0	0	100
4	508,11	605,44	97,33	4,87	4,87	94
8	489,85	850,87	361,02	18,07	22,94	76
16	411,88	705,45	293,57	14,69	37,64	63
30	402,21	795,47	393,26	19,68	57,32	44
50	369,67	991,87	622,2	31,14	88,46	12
100	345,95	555,54	209,59	10,49	98,95	1
200	299,84	318,61	18,77	0	99,89	0,1
FONDO	369,9	372,02	2,12	0,11	100	0
Módulo de Finura					3.09	

Tabla A-03: Análisis granulométrico de la cantera San Idelfonso, muestra 3

Malla		Muestra 1				
N° de malla	W _M (g.)	W _{M+M} (g.)	W _R (g.)	% W _R	% W _{RA}	% Pasante
3"	549,66	549,66	0	0	0	100
2"	536,2	536,2	0	0	0	100
1 1/2"	552,9	552,9	0	0	0	100
1"	535,2	535,2	0	0	0	100
3/4"	563,38	563,38	0	0	0	100
1/2"	535,21	535,21	0	0	0	100
3/8"	541,9	541,9	0	0	0	100
4	508,11	601,07	92,96	4,72	4,73	97
8	489,85	846,5	356,65	18,13	22,86	76
16	411,88	701,08	289,2	14,70	37,58	60
30	402,21	791,1	388,89	19,76	57,33	43
50	369,67	987,5	617,83	31,40	88,73	11
100	345,95	551,17	205,22	10,43	99,17	0,8
200	299,84	314,24	14,4	0,73	99,89	0,1
FONDO	369,9	371,93	2,00	0,10	100	0
Módulo de Finura					3.10	

DONDE:

W_M : Masa de la malla (g.)

W_{M+M} : Masa de la malla más la muestra (g.)

W_R : Masa retenida en la malla (g.)

$\%W_R$: Porcentaje de la masa retenida en la malla (g.)

$\%W_{RA}$: Porcentaje de la masa retenida acumulado en la malla (g.)

HUMEDAD DE AGREGADO FINO

Tabla A-04: Contenido de humedad, de las cantera San Idelfonso

Cantera	Muestra	W_L (g.)	W_{L+MH} (g.)	W_{L+MS} (g.)	% Humedad
Mudarra	1	43,95	138,18	137,6	0,6
	2	46,05	99,57	99,24	0,6
	3	49,69	116,25	115,83	0,6

DONDE:

W_L : Masa de la lata (g.)

W_{L+MH} : Masa de la lata más la muestra (g.)

W_{L+MS} : Masa de la lata más la muestra seca (110 ± 5 °C) (g.)

PESO UNITARIO DE AGREGADO FINOS

Tabla A-05: Peso unitario, de la cantera San Idelfonso

Canteras		I		II		III	
		PUSS (Kg/m ³)	PUCS (Kg/m ³)	PUSS(K g/m ³)	PUCS(K g/m ³) v	PUSS(K g/m ³)	PUCS (Kg/m ³)
Mudarra	W_R (kg)	6,096	6,096	6,096	6,096	6,096	6,096
	W_{R+M} (kg)	13,482	13,959	13,295	14,045	13,276	14,013
	PU (kg/m ³)	2326	2476	2267	2503	2261	2493

DONDE:

W_R : Masa del recipiente

W_{R+M} : Masa del recipiente más la muestra

PU : Peso Unitario

ABSORCIÓN Y PESO UNITARIO DE AGREGADOS FINOS

Tabla A-06: Ensayo de absorción, de la cantera San Idelfonso

Cantera		W_F (g.)	W_{F+AGUA} (g.)	W_{F+msss} (g.)	$W_{F+msss+AGUA}$ (g.)	W_{MS} (g.)	Absorción (%)
Mudarra	I	246.91	1242.3	727.05	1495.19	475.46	0.9
	II	246.91	1242.3	732.49	1510.16	479.87	1.1
	III	246.91	1242.3	427.51	1519.24	475.64	1.0

DONDE:

W_F : Masa de la fiola (500ml) (g.)

W_{F+AGUA} : Masa de la fiola más el agua (g.)

W_{F+msss} : Masa de la fiola más la muestra saturada superficialmente seca (g.)

$W_{F+msss+AGUA}$: Masa de la fiola más la muestra saturada superficialmente seca más (g.) el agua

W_{MS} : Masa de la muestra seca (g.)

CALIDAD FÍSICO - QUÍMICA

Tabla A-07: Calidad Físicoquímica, de la cantera San Idelfonso

Sal. (ppm)	Cond. ($\mu S/cm$)	TDS (mg/L)	Temp. ($^{\circ}C$)	pH
28	263	137	25.3	7

DONDE:

SAL. : SALINIDAD

COND. : CONDUCTIVIDAD

TDS : SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS

TEMP. : TEMPERATURA

APÉNDICE II
EVALUACIÓN MECÁNICA Y FÍSICA
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Tabla A-08: Fuerzas, reportadas por el equipo de resistencia a la flexión

Fibra	Adición (g.)	Tiempo de Curado	Fuerza (KN)			Fuerza Promedio (KN)	DESVIACION ESTANDRA	COEFICIENTE DE VALIDACIÓN (%)
Fibra Sika Fiber CHO 6535 NB .	0	7	2,379	3,316	0.474	16.892	0.474	16.892
		14	3,325	3,056	0.142	4.492	0.142	4.492
		28	4,49	4,22	0.137	3.143	0.137	3.143
	20	7	3,554	4,085	0.312	7.976	0.312	7.976
		14	4,582	4,664	0.079	1.695	0.079	1.695
		28	5,09	5,28	0.102	1.962	0.102	1.962
	40	7	3,995	4,123	0.117	2.835	0.117	2.835
		14	5,784	5,85	0.186	3.256	0.186	3.256
		28	6,425	6,458	0.017	0.256	0.017	0.256
	60	7	5,12	5,08	0.063	1.249	0.063	1.249
		14	6,02	6,915	0.484	7.366	0.484	7.366
		28	8,535	8,735	0.192	2.200	0.192	2.200
	80	7	6,592	6,328	0.177	2.768	0.177	2.768
		14	8,625	8,806	0.104	1.200	0.104	1.200
		28	10,854	8,36	1.592	15.637	1.592	15.637
	100	7	5,925	6,025	0.113	1.868	0.113	1.868
		14	8,768	8,475	0.169	1.966	0.169	1.966
		28	10,65	11,32	0.335	3.049	0.335	3.049
Fibra Sika Fiber Force PP48 .	5	7	2,89	2,776	0.113	3.894	0.113	3.894
		14	3,74	3,87	0.125	3.340	0.125	3.340
		28	5,12	5,22	0.208	4.119	0.208	4.119
	10	7	3,458	3,403	0.033	0.949	0.033	0.949
		14	4,692	4,711	0.032	0.685	0.032	0.685
		28	6,137	6,258	0.066	1.055	0.066	1.055
	15	7	4,2	4,28	0.102	2.369	0.102	2.369
		14	5,12	5,15	0.095	1.826	0.095	1.826
		28	6,99	6,85	0.203	2.981	0.203	2.981

Tabla A-09: Desplazamiento, reportadas por el equipo de resistencia a la flexión

Fibra	Adición (g.)	Tiempo de Curado	Desplazamiento (mm)			Desplazamiento Promedio (mm)
Fibra Sika Fiber CHO 6535 NB .	0	7	3,06	3,15	3,37	3,1
		14	2,99	3,19	3,45	3,2
		28	1,01	1,12	1,11	1,0
	20	7	1,01	1,01	0,97	0,9
		14	1,09	1,03	0,99	1,0
		28	1,17	1,25	1,34	1,2
	40	7	0,8	0,99	1,00	0,9
		14	1,183	1,14	1,3	1,2
		28	1,21	1,11	1,01	1,1
	60	7	1,185	1,26	1,36	1,2
		14	1,18	1,06	1,01	1,0
		28	1,21	1,34	1,14	1,2
	80	7	0,86	0,77	0,89	0,8
		14	3,35	3,02	3,26	3,2
		28	1,51	1,4	1,47	1,4
	100	7	1,32	1,29	1,01	1,2
		14	2,17	1,99	2,001	7,7
		28	1,38	1,47	1,41	1,4
Fibra Sika Fiber Force PP48 .	5	7	2,74	3,01	3,11	2,9
		14	1,95	1,85	1,75	1,8
		28	1,23	1,13	1,27	1,4
	10	7	0,43	0,49	0,50	0,4
		14	1,15	1,13	1,24	1,1
		28	2,48	2,652	2,62	2,5
	15	7	1,13	1,297	1,23	1,2
		14	1,23	1,25	1,36	1,2
		28	2,04	1,99	1,69	1,9

Tabla A-10: Resistencia a la flexión

Fibra	Adiciones (g.)	Tiempo de Curado	Resist. Flex. Del Equipo (N/mm ²)	Resist. Flex. (kg/cm ²)
Fibra Sika Fiber CHO 6535 NB .	0	7	6,577	67
		14	7,416	76
		28	10,180	104
	20	7	9,174	93
		14	10,927	111
		28	12,203	124
	40	7	9,645	98
		14	13,386	136
		28	15,097	154
	60	7	11,872	121
		14	15,409	157
		28	20,460	208
	80	7	14,981	153
		14	20,357	207
		28	23,855	243
	100	7	14,141	144
		14	20,094	205
		28	25,750	262
Fibra Sika Fiber Force PP48 .	5	7	6,771	69
		14	8,773	89
		28	11,844	121
	10	7	8,064	82
		14	11,061	113
		28	14,559	148
	15	7	10,064	103
		14	12,162	124
		28	15,961	163

ANEXO

Anexo I: Registro fotográfico



Figura N°13. Probeta de flexión, de mortero reforzado
Con SIKAFORCE PP48

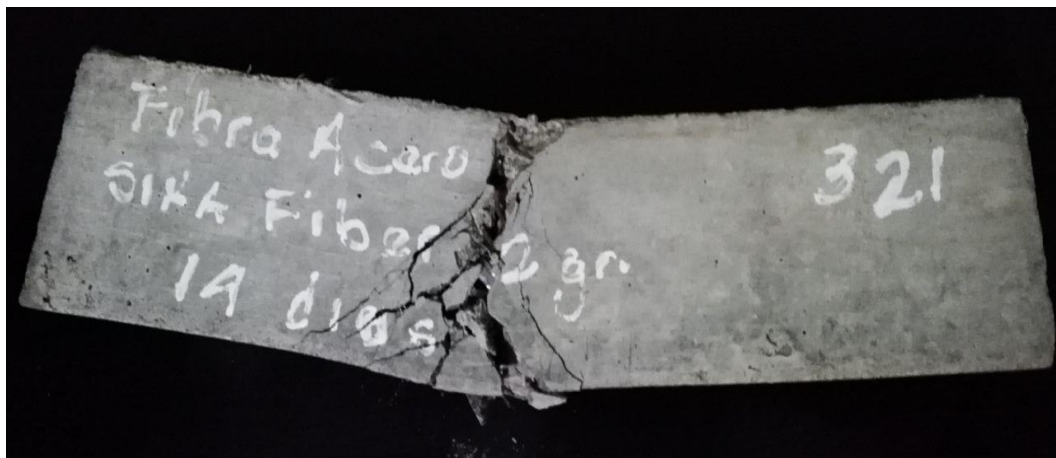


Figura N°14. Probeta de flexión, de mortero reforzado
Con SIKAFIBER CHO 6535 NB



Figura N°15. Medición de las Dimensiones de las probetas



Figura N°16. Colocado de los parámetros al equipo



Figura N°17. Ensayo de resistencia a la Flexión



Figura N°18. Probetas curadas 28 días

Anexo II: Fichas Técnicas



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.73	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.10	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3770	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (Kg/cm ²)	31.7 (323)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (Kg/cm ²)	38.5 (392)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (Kg/cm ²)	46.5 (474)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	132	Mínimo 45
Fraguado Final	min	289	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016

La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2016

(*) Requisito opcional.

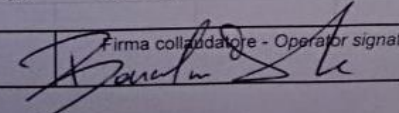
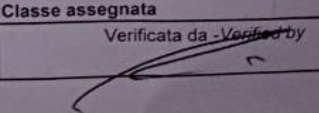


Ing. Ivanoff V. Rojas Tello

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

CONTROLS		VERIFICA MACCHINA DI COMPRESIONE COMPRESSION TESTING MACHINE				CERT.Nr. 5035/2016
Cliente GEOMECHANICA LATINA <i>Client</i>		Indirizzo <i>Site address</i>				
Costruttore CONTROLS <i>Costomer</i>	Modello P0375 <i>Model</i>	T1182	Matricola 16005809 <i>Serial no</i>	16000467	Carico max 50kN <i>Max Load</i>	
Carico misurato con-Load measured by <i>Indicat. Manometrico - Manometer indicator</i>		Scala-Ranges	Risol.-Resol.	Carico min.ver.-Lower limit	Mat.-Serial no.	
Dispalý dig. - <i>Digital dis.</i>		0-50kN	0,001	4kN	16000467	
Altri - <i>Others</i>						
Verificata con- <i>Verified with</i>		Scala-Ranges	Certificato n°- <i>Certificate no.</i>	Valid.- <i>Validity</i>	Mat.- <i>Serial no.</i>	
Dinamometri electr. - <i>Force transducer</i>		0-50 kN	Bon-50/16	gen-17	A.40.01.002	
Centralina digitale- <i>Digital electronic tester</i>			Bon-50/16	gen-17	A.40.02.008	
Manometri- <i>Manometers</i>						
Anelli di prova- <i>Proving rings</i>						
Verificata secondo <i>Conform to</i>		L.Q.P1 rev 2		Carico ver. da <i>Load verified from</i>	4 kN a	50kN
Forza <i>Load</i>		Uscite centralina (divisioni) <i>Output digital electronic tester (division)</i>			Temperatura <i>Temperature</i>	20 °C
kN	Ciclo-Cycles 1	Ciclo-Cycles 2	Ciclo-Cycles 3	Memo		
0	0	0	0	Calcolo forze misurate/ <i>Calculation of measured forces</i>		
4	16421	16410	16412	$F_i = C + D \cdot (U_i - U_0) + E \cdot (U_i - U_0)^2 + F \cdot (U_i - U_0)^3$		
6	24631	24600	24607	Accuratezza/ <i>Accuracy</i>		
8	32850	32783	32832	$A_i = \frac{F_i - M_i}{M_i} \cdot 100$		
10	41067	40978	40961	Ripetibilità/ <i>Repeatability</i>		
20	82144	82004	81984	$R_i = \frac{F_{i\max} - F_{i\min}}{M_i} \cdot 100$		
30	123375	123274	123234	Media/ <i>Media</i>		
40	164850	164737	164669	$M_i = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{3}$		
50	207047	206680	206997			
F _n	U ₁	U ₂	U ₃	Max		
Zero	0	0	0	0		
ELABORAZIONE DATI - DATA ELABORATION						
Coefficienti dell'equazione del dinamometro - Index of strain gauge equation						
C = 0,00000E+00		D = 2,43080E-04		E = 1,46181E-11		F = -1,04130E-16
Forza <i>Load</i>	Forze Misurate <i>Load measured</i>			Media <i>Media</i>	Err. Accurat. <i>Accuracy err.</i>	Err. Ripetibilità <i>Repeatab. err.</i>
kN	Ciclo-Cycles 1	Ciclo-Cycles 2	Ciclo-Cycles 3	kN	%	%
0	0,0	0,0	0,0	0,0		
4	3,995	3,992	3,993	3,993	0,16	0,07
6	5,995	5,987	5,989	5,990	0,16	0,13
8	7,997	7,981	7,993	7,990	0,12	0,20
10	10,000	9,978	9,974	9,984	0,16	0,26
20	20,009	19,974	19,970	19,984	0,08	0,19
30	30,017	29,993	29,983	29,997	0,01	0,11
40	40,003	39,975	39,959	39,979	0,05	0,11
50	50,031	49,945	50,020	49,999	0,00	0,17
F _n	F ₁	F ₂	F ₃	M	A	R
LIMITI DI CLASSE - FORCE SCALE TOLERANCES						
	Err. accurat. <i>Accuracy err.</i>	Err. ripetibilità <i>Repeatab. err.</i>	Ritorno a 0 <i>Zero error</i>	Risoluzione <i>Resolution</i>		
Classe-Class	%	%	% F.S.	%		
1	1	1	0,2	0,5		
2	2	2	0,4	1		
Campo di misura - Range		Da - From 4 kN		a - to 50kN		
0,16		0,26		0,03		Classe assegnata 1
Campo di misura - Range		Da - From		a - to		
				Classe assegnata		
Data - <i>Date</i>	Firma collaudatore - <i>Operator signature</i>			Verificata da - <i>Verified by</i>		
14-lug-16						



HOJA TÉCNICA

Sika® Fiber Force PP-48

Fibra de polipropileno macro sintética estructural

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Fiber Force PP 48, es una fibra de polipropileno macro sintética estructural, diseñada y usada como el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de polyolefina de alto desempeño y deformadas mecánicamente en todo el cuerpo para maximizar el anclaje en el concreto y evitar la pérdida excesiva cuando se proyecta (Shotcrete), altamente orientada a conseguir la mayor superficie de contacto dentro del concreto, lo que resulta en una mayor unión interfacial y eficiencia de la resistencia de la flexión y absorción de energía. Sika® Fiber Force PP-48 esta específicamente diseñada y fabricada en una instalación certificada bajo la norma ISO 9001:2000, para ser usada como refuerzo secundario de concreto a una tasa de adición mínima de 2 kg por metro cúbico. Cumple con la norma ASTM C 1116/C 1116 M, concreto Tipo III reforzado con fibra, JSCE-S14 y con la norma Europea EN-14889-2 como clase II.

USOS

- Losas industriales sobre el piso, tráfico ligero, medio o pesado.
- Áreas para estacionamiento.
- Elementos Pre-fabricados.
- Pavimentos de concreto tráfico ligero, medio o pesado.
- Plataformas compuestas de metal y concreto.
- Aceras y entradas de automóviles.
- Capas superpuestas y coberturas.
- Aplicaciones no magnéticas.
- Shotcrete vía húmeda o vía seca, ya sea definitivo o temporal.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia a la tenacidad, absorción de energía e impacto del concreto, así como la resistencia residual y ductilidad.
- No afecta notoriamente la fluidez (Slump) de la mezcla como otras fibras multifilamento.
- Disminuye la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido del concreto.
- Máxima resistencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
- Reduce el desgaste en bombas y tuberías cuando la mezcla es bombeada.
- Alta resistencia a los ataques químicos y a los álcalis.
- Es segura y más fácil de usar que el refuerzo tradicional.
- No se corroe con las aguas agresivas.
- Ahorra tiempo y molestias durante la aplicación y el proceso de concentrado del mineral.

DATOS BÁSICOS

FORMA	ASPECTO Fibra monofilamento deformada mecánicamente. COLORES Blanco PRESENTACIÓN Caja x 5 kg
ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Indefinido en un lugar seco y bajo techo, en su envase original.
NORMAS	Siempre se coloca uniformemente en el concreto y cumplimiento con los códigos vigentes y normas siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ASTM C 94/C 94M Especificación estándar para concreto premezclado. ▪ ASTM C 1116/C 1116M Especificación estándar para concreto reforzado con fibras. ▪ ASTM C 1399 Método de prueba estándar para obtener la resistencia residual promedio del concreto reforzado con fibras. ▪ ASTM C 1436 Especificación estándar de materiales para Shotcrete. ▪ ASTM C 1609/C 1609M Método de prueba estándar para obtener el rendimiento de la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando una viga con carga de tres puntos). Reemplaza la norma ASTM C 1018. ▪ ASTM C 1550 Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando un panel Redondo con carga central.) ▪ JCI-SF4 para la resistencia a la flexión y para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras y JSCE-S14. ▪ EFNARC panel cuadrado-2005 ▪ ACI 304 Guía para la medición, mezcla, transporte y distribución del concreto. ▪ ACI 506 Guía para Shotcrete. ▪ EN 14889-2 Definiciones, especificaciones y conformidad de fibras poliméricas.
DATOS TÉCNICOS	ABSORCIÓN DE AGUA 0% GRAVEDAD ESPECÍFICA 0.92 LARGO DE LA FIBRA 48 mm ANCHO DE LA FIBRA 1.2855 mm ESPESOR DE LA FIBRA 0.3325 mm RESISTENCIA A LA TRACCIÓN 620 Mpa CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Baja FIBRAS POR KILO 32,760 unidades +/- 3% PUNTO DE FUSIÓN 440 °C PUNTO DE ABLANDAMIENTO 170 °C RESISTENCIA A ÁLCALIS, SALES Y ÁCIDOS Alta.

COMPATIBILIDAD

Sika® Fiber Force PP-48 es compatible con todos los aditivos para concreto Sika® y las sustancias químicas que aumentan el rendimiento del concreto. No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP-48 para reemplazar refuerzos estructurales.

PRECAUCIONES

No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP-48 como un medio para usar secciones de menor espesor que el diseño original. Para el espaciado de las juntas, siga las directrices estándar de la industria sugeridas por PCA y ACI.

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN

CONSUMO / DOSIS

La dosis de aplicación para la fibra macro sintética estructural Sika® Fiber Force PP 48 es de 2 a 9 kg/m³ de concreto o Shotcrete, dependiendo de la ductilidad, resistencia residual, tenacidad ó absorción de energía requerido. En las pruebas para determinar la cantidad exacta de fibra a usar, si el concreto es lanzado (Shotcrete vía húmeda o seca) las muestras (paneles cuadrados EFNARC o circulares ASTM C-1550) tienen que ser obtenidas en campo, lanzado con el equipo a usar, ya que por su naturaleza las fibras sintéticas durante el lanzamiento ó proyección una parte de ellas se pierde. No se recomienda obtener los paneles en laboratorio ya que los resultados difieren apreciablemente.

MÉTODO DE APLICACIÓN

DISEÑOS DE MEZCLAS Y PROCEDIMIENTOS

El refuerzo con Sika® Fiber Force PP-48 es un proceso mecánico, no químico. Debido a la eficiencia de la fibra no se necesita modificación del diseño de mezcla ya que no afecta notoriamente la fluidez de la mezcla. Consulte con un asesor técnico de Sika Perú S.A. para recomendaciones adicionales. La fibra macrosintética Sika® Fiber Force PP-48 se agrega a la mezcladora antes, durante o después de hacer mezclas con los otros materiales del concreto. Se requiere un tiempo de mezclado de por lo menos de 3 a 5 minutos por metro cúbico como se especifica en la norma ASTM C-94.

ACABADO

Se puede dar un acabado al concreto reforzado con Sika® Fiber Force PP-48 usando las técnicas de acabado de acuerdo a ACI 304, Sección C3.

BASES

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

RESTRICCIONES LOCALES

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

INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en

Hoja Técnica
Sika® Fiber Force PP-48
29.10.13, Edición 1



condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® Fiber Force PP-48 :

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



2.- SIKa CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Concrete
Centro Industrial "Las Praderas
de Lurín S/N - Mz "B" Lote 5 y
6, Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sika® Fiber Force PP-48
29.10.13, Edición 1

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.
CG, Departamento Técnico
Telf: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: informacion@pe.sika.com



© 2014 Sika Perú S.A.

Hoja Técnica
Edición 2110201101
Identificación No. 92735
Sika® Fiber CHO65/35 NB

Sika® Fiber CHO65/35 NB

Fibra de acero para refuerzo de concreto

Descripción	Filamentos de acero cortados y doblados en determinadas longitudes dependiendo el uso al que será sometido, para el refuerzo de concreto y mortero.
Usos	Para refuerzo de concreto y mortero lanzado, obteniendo un elevado número de fibras por kg distribuyéndose uniformemente y logrando un comportamiento mecánico homogéneo.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ■ La fibra tiene dobleces que permite mejorar adherencia de la fibra dentro de la matriz del concreto. ■ Alta resistencia a tracción. ■ Alta absorción de energía por medio del alambre trellado de bajo contenido de carbono. ■ Cumple con la Norma ASTM A 820, Tipo 1. ■ Por su presentación de fibras pegadas se logra una mejor distribución de las mismas dentro del concreto. ■ Eliminar el habilitado y colocación de malla y varillas convencionales por la sustitución de estos materiales con fibras de acero. ■ Aumenta resistencia a fatiga, cortante e impacto en estructuras de concreto.
Datos Técnicos	<p>Tipo: Alambre de acero trellado</p> <p>Largo: 35 mm con doblez en terminaciones</p> <p>Relación de Aspecto L/D: 65 +/- 15%</p> <p>Resistencia a tracción: Mínimo 1,200 N/mm²</p>
Presentación	Saco de 20 kg.
Dosificación	La dosificación será entre 30 y 45 kg/m ³ y se determinará de acuerdo a necesidades específicas de cada proyecto (absorción de energía requerida).
Modo de empleo	<p>Sika® Fiber CHO65/35 NB viene listo para ser usado. Se aplica al concreto durante su mezclado o a pié de obra. Se deberá hacer un mezclado de 3 a 5 minutos para su completa incorporación verificando que las fibras se encuentren separadas y distribuidas en la masa de concreto.</p> <p>Las fibras pueden introducirse junto con los agregados y de preferencia en el concreto mezclado en estado fresco.</p> <p>Es recomendable la utilización de plastificantes, fluidificantes ó bien estos mismos productos súper-plastificantes y/o súper-fluidificantes para control de revenimiento sin modificar relación a/c.</p>



Precauciones

Las fibras nunca deben añadirse como primera adición en la mezcla de concreto, deberán ser colocadas en la mezcla de concreto elaborada. Se deberán proteger bultos y/o pallets de la lluvia y humedad. Utilizar lentes de seguridad y guantes para su manejo.

Almacenamiento

Se deberá realizar el almacenamiento en un lugar completamente seco libre de humedad evitando apilar pallets uno sobre otro.

Advertencia

Toda la información contenida en este documento y en cualquiera otra asesoría proporcionada, fueron dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika Mexicana de los productos siempre y cuando hayan sido correctamente almacenados, manejados y aplicados en situaciones normales y de acuerdo a las recomendaciones de Sika Mexicana. La información es válida únicamente para la(s) aplicación(es) y el(los) producto(s) a los que se hace expresamente referencia. En caso de cambios en los parámetros de la aplicación, como por ejemplo cambios en los sustratos, o en caso de una aplicación diferente, consulte con el Servicio Técnico de Sika Mexicana previamente a la utilización de los productos Sika. La información aquí contenida no exonera al usuario de hacer pruebas sobre los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. En todo caso referirse siempre a la última versión vigente de la Hoja Técnica del Producto. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras condiciones generales vigentes de venta y suministro.

Para dudas o aclaraciones:

Sika responde
01 800 123 SIK
7 4 5 2
soporte.tecnico@mx.sika.com
sika.responde@mx.sika.com
www.sika.com.mx

