



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“UTILIZACIÓN DE LA FIBRA DE CABUYA EN LA ELABORACIÓN DE  
BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA PARA FORTALECER LA ACTIVIDAD  
PRODUCTIVA EN LAS PARROQUIAS RURALES DEL CANTÓN  
LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**

**AUTOR:**

**DARÍO JAVIER TUMBACO TOAQUIZA**

**DIRECTOR:**

**ING. WILSON CANDO**

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**QUITO 2022**

## **DEDICATORIA**

Con todo mi ser y humildad dedico este trabajo a Dios por brindarme la salud y darme la sabiduría necesaria para poder culminar mi carrera universitaria pese a las adversidades que se hayan presentado en el transcurso de esta etapa en mi vida.

Dedico también este trabajo a mis padres, pilares fundamentales en mi vida ya que con sus consejos y enseñanzas me formaron desde el hogar como una persona responsable y útil para la sociedad.

A mis tíos que me ayudaron en estos años de carrera universitaria, cada uno con su granito de arena.

A Mabel que me acompañó en mi carrera universitaria de principio a fin, nunca dejaste de creer en mí, de lo que soy capaz de hacer si me lo propongo y porque me motivaste en los momentos que más lo necesitaba. De todo corazón, gracias.

*Darío*

## **AGRADECIMIENTO**

A la **Pontificia Universidad Católica Del Ecuador**, de manera muy especial a la Facultad de Ingeniería Civil, por transmitirme los conocimientos necesarios para poder ejercer mi profesión, un sueño anhelado desde la infancia.

Al ingeniero **Wilson Cando**, tutor de mi trabajo experimental, el cual con paciencia me ayudo a resolver las inquietudes generadas en la ejecución del presente trabajo.

A mis compañeros de cátedra por enseñarme cuando necesitaba ayuda en las diferentes materias y motivarme en las aulas.

*Darío*

## RESUMEN

### “UTILIZACIÓN DE LA FIBRA DE CABUYA EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA PARA FORTALECER LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA EN LAS PARROQUIAS RURALES DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”

**Autor:** Darío Javier Tumbaco Toaquiza

**Tutor:** Ing. Wilson Cando

El presente trabajo de investigación estudia las características de los bloques de hormigón los cuales son elaborados con fibra natural de cabuya en diferentes porcentajes, en conjunto con el cemento Armaduro y agregados provenientes de la provincia de Cotopaxi, se realizó una comparación de los bloques convencionales y los bloques con fibra de cabuya, posteriormente se analizaron los resultados obtenidos en el laboratorio y verificamos si cumplen con los requerimientos establecidos en la normativa vigente en el país y si estos son económicamente sustentables, de esta manera se pretende aprovechar e incentivar el uso de fibras naturales que sean amigables con el medio ambiente.

Los porcentajes de fibra en los bloques fueron analizados con 0; 3; 4; 5% respectivamente con respecto al peso del cemento empleado en cada una de las mezclas. Los resultados obtenidos en el laboratorio evidenciaron que la adición de fibra de cabuya en diferentes porcentajes efectivamente ayuda a mejorar la capacidad de resistencia a la compresión en cada bloque. Se realizó un ensayo extra añadiendo el 10% de fibra de cabuya, pero al añadir el 10% de fibra de cabuya se evidenció que existe gran dificultad en la elaboración de los bloques, además se evidenció una fuerte caída en los resultados del ensayo de resistencia a la compresión.

## **ABSTRACT**

"USE OF CABUYA FIBER IN THE PREPARATION OF BLOCKS FOR MASONRY TO STRENGTHEN PRODUCTIVE ACTIVITY IN THE RURAL PARISHES OF THE LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE"

**Author:** Darío Javier Tumbaco Toaquiza

**Tutor:** Ing. Wilson Cando

This research work studies the characteristics of concrete blocks which are made with natural fiber of cabuya in different percentages, together with Armaduro cement and aggregates from the province of Cotopaxi, a comparison of conventional and blocks with cabuya fiber, subsequently the results obtained in the laboratory were analyzed and we verified if they comply with the requirements established in the regulations in force in the country and if they are economically sustainable, in this way it is intended to take advantage of and encourage the use of fibers natural that are friendly with the environment.

The percentages of fiber in the blocks were analyzed with 0; 3; 4; 5% respectively with respect to the weight of the cement used in each of the mixtures. The results obtained in the laboratory showed that the addition of cabuya fiber in different percentages effectively helps to improve the capacity of resistance to compression in each block. An extra test was carried out adding 10% of cabuya fiber, but when adding 10% of cabuya fiber it was evidenced that there is great difficulty in the elaboration of the blocks, in addition there was a strong drop in the results of the resistance test compression.

## INDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>CAPÍTULO I</b> .....	6
<b>GENERALIDADES</b> .....	6
<b>1.1. Introducción</b> .....	6
<b>1.2. Justificación</b> .....	7
<b>1.3. Alcance</b> .....	7
<b>1.4. Objetivos</b> .....	8
<b>1.5. Antecedentes</b> .....	8
<b>CAPITULO II</b> .....	12
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	12
<b>2. Fundamentos teóricos</b> .....	12
<b>2.1. Proceso de producción de la fibra de cabuya</b> .....	12
<b>2.2. Características químicas de las fibras de cabuya</b> .....	13
<b>2.3. Características físicas de las fibras de cabuya</b> .....	15
<b>2.4. Bloques convencionales o artesanales de Cotopaxi en el Ecuador</b> .....	18
<b>2.4.1 Requisitos para bloques de hormigón según las Normas INEN 3066</b> .....	21
<b>2.4.1.1 Clasificación de los bloques</b> .....	21
<b>2.4.1.2 Requisitos de resistencia</b> .....	22
<b>2.4.2 Características de los materiales</b> .....	22
<b>2.4.2.1 Cemento</b> .....	22
<b>2.4.2.2 Agregados</b> .....	24
<b>2.4.2.2.2 Agregado fino</b> .....	26
<b>2.4.2.3 Agua de mezclado</b> .....	31
<b>2.4.2.4 Fibra de cabuya</b> .....	33
<b>2.4.2.4.1 Proceso de producción de la fibra de cabuya</b> .....	34
<b>CAPÍTULO III</b> .....	35
<b>ENSAYOS DE LABORATORIO</b> .....	35

<b>3.1. Ensayo de granulometría del agregado fino (polvo blanco)</b> .....	35
<b>3.2. Ensayo de granulometría del agregado grueso (cascajo)</b> .....	36
<b>3.3. Ensayo de peso específico y capacidad de absorción del agregado fino</b> .....	38
<b>3.4. Ensayo de peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso</b> .....	40
<b>3.5. Ensayo de peso unitario</b> .....	42
<b>CAPITULO IV</b> .....	48
<b>EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y COSTOS DE PRODUCCIÓN</b> .....	48
<b>4.1.1. Determinación de las dimensiones</b> .....	48
<b>4.1.2. Materiales a emplearse en la fabricación de los bloques</b> .....	48
<b>4.1.3. Proceso de vibro compactación</b> .....	52
<b>4.1.4. Moldeo de probetas de ensayo</b> .....	55
<b>4.1.5. Curado de bloques y probetas de ensayo</b> .....	56
<b>4.2. Evaluación del bloque convencional</b> .....	57
<b>4.4. Resultados de los ensayos de laboratorio</b> .....	74
<b>4.5. Comparación de los diseños entre bloques convencionales y bloques con fibra de cabuya</b> .....	80
<b>4.6. Determinación de costos de producción</b> .....	94
<b>CAPITULO V</b> .....	96
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	96
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	103
<b>ANEXOS</b> .....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Composición química de las fibras de cabuya. ....	14
Tabla 2.- Composición mineralógica de las fibras de cabuya. ....	15
Tabla 3.- Eficiencia de las fibras en función de su orientación. ....	17
Tabla 4.- Ventajas y desventajas de las fibras naturales en el reforzamiento de materiales.....	17
Tabla 5.- Medidas de bloques convencionales .....	19
Tabla 6.- Clasificación de los bloques según el porcentaje de huecos. ....	20
Tabla 7.- Tipos de bloques huecos.....	20
Tabla 8.- Clasificación de los bloques de acuerdo a sus usos.....	21
Tabla 9.- Clasificación de los bloques de acuerdo a su densidad .....	21
Tabla 10.- Dimensiones modulares y nominales de los bloques de hormigón.....	22
Tabla 11.- Requisitos de resistencia a la compresión en bloques huecos de hormigón.....	22
Tabla 12.- Requisitos de gradación para agregado fino según la norma ASTM C 33-01. ....	27

Tabla 13.- Parámetros importantes en la granulometría del agregado fino. ....	28
Tabla 14.- Resultados de un ensayo granulométrico. ....	30
Tabla 15.- Límites de sustancia en el agua de mezclado de acuerdo con la norma ASTM. ....	32
Tabla 16.- Características mecánicas de las fibras de cabuya. ....	33
Tabla 17.- Características químicas de las fibras de cabuya. ....	33
Tabla 18.- Esquema del proceso de producción de las fibras de cabuya. ....	34
Tabla 19.- Síntesis del proceso de ensayo granulométrico del agregado fino. ....	35
Tabla 20.- Síntesis del proceso de ensayo granulométrico del agregado grueso. ....	36
Tabla 21.- Requisitos de gradación para agregado grueso según la norma ASTM C33-01 .....	37
Tabla 22.- Tamaño mínimo de la muestra de agregado grueso. ....	38
Tabla 23.- Proceso de ensayo para la obtención del peso específico y capacidad de absorción del agregado fino por la normativa INEN 0858. ....	40
Tabla 24.- Proceso de ensayo para la obtención del peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso bajo la normativa INEN 0858. ....	42
Tabla 25.- Procedimiento por varillado para determinar la capacidad de absorción del agregado grueso por la normativa INEN 0858. ....	43
Tabla 26.- Procedimiento por sacudidas para determinar la capacidad de absorción del agregado grueso por la normativa INEN 0858. ....	43
Tabla 27.- Determinación del valor del peso unitario para material granular compactado y suelto. ....	44
Tabla 28.- Gradaciones para las muestras a ensayar. ....	45
Tabla 29.- Masas esféricas necesarias para los ensayos de abrasión. ....	46
Tabla 30.- Procedimiento del ensayo de abrasión. ....	47
Tabla 31.- Dimensiones de los bloques a fabricarse. ....	48
Tabla 32.- Requisitos físicos del cemento ARMADURO. ....	49
Tabla 33.- Requisitos químicos del cemento ARMADURO. ....	49
Tabla 34.- Comparación entre las resistencias desarrolladas entre el cemento ARMADURO y otro cemento con NTE INEN 490. ....	50
Tabla 35.- Síntesis del proceso de fabricación de bloques. ....	53
Tabla 36.- Síntesis del proceso de moldeo de probetas de ensayo. ....	55
Tabla 37.- Síntesis del proceso de curado de bloques y probetas. ....	56
Tabla 38.- Síntesis del proceso de determinación de las dimensiones de los bloques de prueba. ....	57
Tabla 39.- Síntesis del proceso del ensayo de absorción del agua. ....	59
Tabla 40.- Síntesis del proceso de ensayo de resistencia a los esfuerzos de compresión. ....	61
Tabla 41.- Síntesis del proceso de ensayo de resistencia al impacto del hormigón. ....	62
Tabla 42.- Síntesis del proceso de ensayo de resistencia a la flexión del hormigón simple. ....	64
Tabla 43.- Síntesis del proceso de ensayo de tensión indirecta del hormigón. ....	65
Tabla 44.- Resultados del comportamiento de las fibras de cabuya en diferentes longitudes de prueba. ....	66
Tabla 45.- Síntesis del proceso de tratamiento de las fibras de cabuya con la parafina. ....	68
Tabla 46.- Síntesis del proceso de ensayo de resistencia a la tensión. ....	69
Tabla 47.- Síntesis del procedimiento para la obtención del índice de absorción de la fibra de cabuya sin tratamiento. ....	70

Tabla 48.- Síntesis del procedimiento para la obtención del índice de absorción de la fibra de cabuya tratada. ....	71
Tabla 49.- Patrón de dosificación al volumen de mezcla de hormigón para la fabricación de 24 bloques según la fábrica "Tanicuchi" .....	72
Tabla 50.- Dosificación de mezcla para la elaboración de bloques de cabuya (24 unidades). ....	72
Tabla 51.- Síntesis del procedimiento de mezclado del concreto con fibra de cabuya. ....	73
Tabla 52.- Resultados del ensayo de granulometría para el agregado fino. ....	74
Tabla 53.- Resultados del ensayo de granulometría para el agregado grueso. ....	75
Tabla 54.- Resultados del ensayo de granulometría ideal para el agregado fino. ....	77
Tabla 55.- Resultados del ensayo de granulometría ideal para el agregado grueso. ....	78
Tabla 56.- Valores de gravedad específica y absorción en el agregado fino obtenidos en el laboratorio. ....	79
Tabla 57.- Valores de gravedad específica y absorción en el agregado grueso obtenidos en el laboratorio. ....	79
Tabla 58.- Porcentaje de abrasión en el agregado grueso. ....	79
Tabla 59.- Pesos unitarios del agregado grueso obtenidos en el laboratorio .....	80
Tabla 60.- Pesos unitarios del agregado fino obtenidos en el laboratorio. ....	80
Tabla 61.- Resistencia a la tracción en las fibras de cabuya. ....	80
Tabla 62.- Dimensiones promedio de bloques de 40X15X20 cm de dosificación Po. ....	80
Tabla 63.- Dimensiones promedio de bloques de 40X15X20 (cm) de dosificación I. ....	81
Tabla 64.- Dimensiones promedio de bloques de 40X15X20 (cm) de dosificación II. ....	81
Tabla 65.- Dimensiones promedio de bloques de 40X15X20 (cm) de dosificación III. ....	81
Tabla 66.- Dimensiones promedio de bloques de 40X15X20 (cm) de dosificación ideal I. ....	82
Tabla 67.- Dimensiones promedio de bloques de 40X15X20 (cm) de dosificación ideal II. ....	82
Tabla 68.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación Po. ....	83
Tabla 69.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación I. ....	83
Tabla 70.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación II. ....	84
Tabla 71.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación III. ....	84
Tabla 72.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación IV. ....	85
Tabla 73.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación ideal I. ....	86
Tabla 74.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación ideal II. ....	87
Tabla 75.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación Po con celdas en posición vertical. ....	88
Tabla 76.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación I con celdas en posición vertical. ....	89
Tabla 77.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación II con celdas en posición vertical. ....	89
Tabla 78.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación III con celdas en posición vertical. ....	90
Tabla 79.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación IV con celdas en posición vertical. ....	91
Tabla 80.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación ideal I con celdas en posición vertical. ....	92

Tabla 81.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación ideal II con celdas en posición vertical.....	93
Tabla 82.- Análisis de precios unitarios del bloque hueco convencional de hormigón.....	94
Tabla 83.- Análisis de precios unitarios del bloque hueco de hormigón reforzado con fibra de cabuya. ....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Planta de cabuya.....	10
Figura 2.- Pasos a seguirse en el proceso de hilado de las fibras.....	12
Figura 3.- Diversos tipos de bloques convencionales.....	19
Figura 4.- Curva granulométrica del ensayo.....	30
Figura 5.- Forma genérica de agregado grueso.....	36
Figura 6.- Esquema genérico de una máquina de los ángeles.....	46
Figura 7.- Cemento ARMADURO. Producto a emplearse en la elaboración de los bloques de muestra.....	49
Figura 8.- Principales aplicaciones de material que puede ser elaborado con cemento ARMADURO .....	51
Figura 9.- Esquema de máquina vibro compactadora.....	52
Figura 10.- Distintas fases del proceso de fabricación de bloques. ....	54
Figura 11.- Bloques y probetas de ensayo. ....	56
Figura 12.- Dimensiones genéricas de un bloque hueco de hormigón. ....	58
Figura 13.- Área neta y área bruta de un bloque.....	61
Figura 14.- Probeta genérica de ensayo al impacto. ....	62
Figura 15.- Porción de fibras de cabuya cortadas.....	67
Figura 16.- Preparación de las fibras de cabuya para el ensayo de tracción.....	69
Figura 17.- Aplicación de la carga de tensión a las fibras de cabuya. ....	69
Figura 18.- Curva granulométrica del agregado fino.....	75
Figura 19.- Curva granulométrica del agregado grueso.....	76
Figura 20.- Curva granulométrica ideal del agregado fino.....	77
Figura 21.- Curva granulométrica ideal del agregado grueso.....	78
Figura 22.- Porcentaje de absorción de agua .....	85
Figura 23.- Densidad promedio .....	86
Figura 24.- Absorción promedio de agua en bloque.....	87
Figura 25.- Densidad promedio .....	88
Figura 26.- Variación de la Resistencia a la compresión de bloques en función del contenido de fibra.....	91
Figura 27.- Variación de la Resistencia ideal a la compresión en función del contenido de fibra.....	93

# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES

### 1.1. Introducción

La función de los elementos de mampostería es alivianar y dividir zonas, mas no de incrementar cargas, siendo un peso despreciable en el diseño, sin embargo, en pocas ocasiones se considera el comportamiento estructural de los mismos, debido al desconocimiento de sus propiedades y los efectos que estos provocan a la estructura. En la actualidad la fabricación de elementos mampuestos, ya sea de ladrillo o de bloques mezclados de hormigón con material granular se lo hace en distintos lugares de la república debido a la creciente demanda de viviendas. Es por esto que se lo hace necesario buscar materias primas en los distintos lugares y canteras, que con el tiempo escaseará y será un gran problema económico.

La utilización de la fibra de cabuya en la elaboración de bloques para mampostería es un tema nuevo, existen ciertas investigaciones de la utilización de la fibra tanto dentro del país como fuera del mismo. La utilización de la fibra de cabuya, es un tema que cuenta con investigaciones resientes, ya que es una materia prima que no ha sido 100% utilizad.

La mayor parte de las investigaciones que se encuentran realizadas tratan sobre el comportamiento mecánico de la fibra de cabuya en sí. En el presente trabajo se propone aprovechar las propiedades mecánicas de esta fibra natural y realizar una comparación económica con respecto al bloque convencional.

En la actualidad se busca alternativas nuevas para utilizar materiales dentro del sector de la construcción, disminuyendo el impacto ambiental y favoreciendo así la preservación del medio ambiente. Las fibras de plástico y las fibras sintéticas predominan en el mercado de la construcción, pero se puede observar que en la actualidad las fibras naturales están recuperando su espacio perdido, debido a que son productos con diversas ventajas en sostenibilidad y protección del ambiente debido a sus características biodegradables. La sociedad está creando concientización acerca del deterioro del ambiente, lo que origina que uno de los requisitos para los constructores sea la producción amigable con el ambiente.

## **1.2. Justificación**

La construcción es una de las actividades más antiguas que el hombre ha realizado, la misma que siempre ha estado en una continua y permanente innovación. El estudio y la introducción de nuevas metodologías en el ámbito constructivo han logrado cumplir y cada vez más, nuevos objetivos que en un tiempo determinado se creían impensables. La investigación es una forma de buscar y aprovechar nuevos materiales que contribuyan en la construcción civil. Los bloques de mampostería constituyen un material muy utilizado dentro de la construcción de edificios y viviendas, del cual se propone una nueva investigación, aclarando que se piensa añadir una nueva variante dentro del diseño tradicional, con el cual se busca generar una alternativa sustentable, viable y amigable con el medio ambiente.

Con la creciente demanda y escasas de materia prima se busca una alternativa viable y ecológica para elaborar prefabricados de hormigón (bloque de mampostería), introduciendo y aprovechando las propiedades mecánicas de la fibra natural cabuya, la cual es de fácil obtención siendo, sin embargo, un recurso renovable muy poco explotado. Se pretende generar un efecto doblemente positivo: impulsar y aprovechar la actividad agraria en los sectores rurales del cantón Latacunga, parroquia rural Guaytacama y reducir el consumo de material convencional.

Aproximadamente el 60% del bloque utilizado en la construcción en las provincias de la Costa y Oriente ecuatoriano es fabricado en la provincia de Cotopaxi, específicamente en el cantón Latacunga. Se estima que existe una producción aproximada de 16 millones de bloques producidos mensualmente en el cantón Latacunga. (UNACEM, 2018)

Se pretende así introducir y generar una fuente de ingresos extra para las personas naturales de los sectores rurales del cantón, aprovechando este recurso natural renovable de bajo costo de fabricación, de fácil maniobrabilidad y accesible en la región. Para su utilización como material sustentable se lo debe de someter a un conjunto determinado de revisiones con la finalidad de comprobar si existe un notable rendimiento de la fibra al introducirse en la fabricación de bloques de mampostería.

## **1.3. Alcance**

La elaboración de los bloques de mampostería se la desarrollará con el correspondiente estudio de los materiales a utilizarse junto con los respectivos ensayos de laboratorio con los cuales

se obtendrán los datos necesarios para realizar las diferentes dosificaciones añadiendo la fibra de cabuya, se valorará además las propiedades mecánicas del mismo y se realizará una comparación con un bloque convencional. Los materiales a utilizarse serán: cemento Selva Alegre (Armadero), materiales pétreos provenientes de la mina Niña Michel 1-San Agustín y fibra de cabuya.

En el presente trabajo de disertación se expondrán los procesos idóneos para fabricar bloques de mejores características físicas y mecánicas que los convencionales, realizando los ensayos de resistencia a la compresión simple, absorción, densidad y otros que cumpla la Norma INEN 3066, además de que tengan un precio competitivo dentro del mercado demandante y aportar así al mejoramiento económico y calidad de vida del productor y su núcleo familiar.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Investigar la idoneidad de las fibras de cabuya como componente integrante de la mezcla de hormigón en los bloques de mampostería y posteriormente procede a la comparación con los bloques convencionales de cemento compuestos de agregado grueso (cascajo) y de agregado fino (polvo blanco).

### **1.4.1. Objetivos específicos**

- Determinar la resistencia a la carga de compresión de un bloque compuesto por fibras de cabuya de entre el tres al cinco por ciento para posteriormente proceder a comparar con la resistencia de un bloque convencional procedente de la ciudad de Latacunga.
- Determinar los costos de producción de la mezcla a proponerse en el presente trabajo.
- Deducir si la presencia de contenido orgánico pueda llegar a afectar la integridad de los bloques de mampostería.
- Una vez que se haya encontrado el porcentaje ideal de fibra de cabuya para el diseño de los bloques ratificar su efectividad para su reforzamiento.

## **1.5. Antecedentes**

Las fibras naturales son estructuras de tipo filamentosas de procedencia animal, vegetal y mineral y debido a sus propiedades físicas químicas tienen un campo de aplicaciones muy amplio.

El uso de las fibras naturales se remonta hacia los albores de la humanidad en donde el hombre comenzó a explorar en las plantas las ventajas que estas podrían tener y hacer de estas uno de sus medios de subsistencia. Las plantas fibrosas han sido aprovechadas en la elaboración de hilos y tejidos, obteniéndose las fibras a partir de tallos, raíces, hojas, semillas y frutos.

Entre los problemas ambientales de mayor notoriedad se encuentra el de la escasa utilización de los residuos de procedencia agroindustrial tales como los rastrojos de las cosechas de cereales, virutas de aserrín, raquis de la palma africana, etc. La mayoría de estos despojos se los combustiona generando así que se extienda la destrucción de la capa de ozono, y, por ende, el aumento del fenómeno del calentamiento global, lo que constituye un serio desperdicio de material de tipo fibroso que podría ser de mucho provecho en la elaboración de una amplia gama de productos.

Es justamente por los problemas de la contaminación ambiental que los materiales fibrosos han ido repuntando en su utilización en sustitución de los plásticos y materiales de fibra sintética debido a que por no ser biodegradables provocan desequilibrio ecológico y ambiental. Es necesario reconocer que en muy diversos grupos sociales se ha estado tomando verdadera conciencia acerca de los problemas ambientales que genera el uso de productos sintéticos por lo que se han realizado múltiples investigaciones acerca del aprovechamiento de materiales de origen natural, en lo que respecta a los productos naturales de origen fibroso, estos ofrecen la gran ventaja de proporcionar una multiplicidad de usos lo que los vuelve un material ecológico y a la vez económico.

### **1.5.1. Fibras de cabuya**

La fibra de cabuya es una planta nativa ecuatoriana presente en casi la totalidad del callejón interandino, por lo general en forma de linderos. La cabuya pertenece a la familia de las agaváceas y crece bien de forma silvestre o cultivada tanto en las laderas como en los valles andinos. Su cultivo se desarrolla en los valles y las estribaciones de la cordillera siendo una planta enrostrada que alcanza una altura de hasta 1,50 metros.



Figura 1.- Planta de cabuya.

### 1.5.2. Uso de fibras vegetales como material de construcción

El uso de las fibras vegetales como material de construcción constituye una buena alternativa siendo esta opción aplicada desde tiempos antiguos en donde no se contaban con ventajas tecnológicas constructivas, sin embargo, el uso de materiales de procedencia natural ha proporcionado a las construcciones de resistencia y durabilidad que las ha hecho perdurar a lo largo del tiempo.

Es necesario mencionar que el aumento de la tasa demográfica incide en el incremento de la explotación y consumo de los materiales de procedencia forestal, por lo tanto, a mayor número de habitantes, mayor es la demanda, de acuerdo con ello, entonces, se hace imprescindible el contar con materiales que puedan proporcionar el equilibrio adecuado en el medio ambiente para que de esta forma satisfacer la necesidad de los usuarios sin afectar el equilibrio ambiental.

Entre las principales aplicaciones de los materiales fibrosos se encuentran las siguientes:

**Elementos estructurales.** - Generalmente se los construye a base de fibras de bambú, material del que se hará una breve descripción: El bambú crece y posteriormente se endurece en un lapso de tiempo comprendido entre los primeros seis meses hasta el primer año, a partir del segundo año el bambú adquirirá un importante índice de rigidez la misma que sin embargo no es todavía suficiente como para catalogarlo como material estructural, sin embargo, se lo puede usar en la fabricación de esterillas, recipientes de almacenamiento y muebles. En su tercer año de vida el bambú adquirirá por fin la rigidez necesaria para ser utilizado como material estructural. Entre

sus principales ventajas están las siguientes: Es un material resistente y de fácil montaje, es reciclable, su durabilidad es muy alta.

**Reforzamiento de muros.** - Por medio de los materiales fibrosos es posible reforzar muros de mampostería, así como construir cerramientos o cercas. Los principales materiales fibrosos que se emplean en dichas construcciones son, entre los más importantes la paja de cereales, el cañamo, la estopa de coco, las virutas de aserrín, la cáscara de arroz. Los principales tipos de reforzamiento son: Entramados de fibras rellenas con barro, reforzamiento continuo de tierra alivianada con fibras o cal reforzada con cañamo.

**Fibras geotextiles.** - Este es un material que ha ido imponiéndose a lo largo de las últimas décadas constituyendo una solución altamente eficaz lo que ha ido generando la confianza de muchos profesionales de la construcción, sobre todo en el área vial. Las fibras geotextiles son un material que combina el reforzamiento con la naturaleza misma del sitio donde la estructura se encuentra asentada por lo que constituye un producto que garantiza la preservación ambiental. Los principales materiales fibrosos con los que son fabricados los geotextiles son los siguientes: Paja, bonote de coco, yute y sisal.

**Paneles y compuestos.** - Son materiales que son aplicados sobre todo en espacios modulares en donde se busca optimizar las dimensiones y espacios. Entre los principales elementos fibrosos que componen estos materiales están el cañamo, el sisal, la cáscara de arroz, la paja de cereales, los tallos de maíz, el kenaf. Entre sus principales ventajas están las siguientes: Son materiales ligeros, tienen baja facilidad de combustión, tienen buena resistencia a las solicitaciones externas, son una buena alternativa a paneles de madera y de asbesto.

**Elementos de recubrimiento.** - Los elementos de recubrimiento lo constituyen fundamentalmente los tejados y los revestimientos de paredes. Los principales elementos fibrosos de los que están constituidos son: los juncos, ramas de brezo, caña, paja de cereales, lino, borró, hojas de palma y retama. Entre las principales ventajas de estos materiales se encuentran las siguientes: Proporcionan adecuados niveles de aislamiento térmico y acústico, son materiales livianos y resistentes, son materiales sencillos de transportar y ensamblar, son relativamente económicos.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2. Fundamentos teóricos

##### 2.1. Proceso de producción de la fibra de cabuya

El proceso de producción de las fibras de hilo de cabuya es todo un conjunto de subprocesos, los mismos que deberán de seguirse de forma sistemática para de esta forma obtener un producto que proporcione calidad y seguridad, dos factores importantes para tener un material que responda de forma óptima a las exigencias del usuario. (Tamayo Duque, 2012, pág. 8)

De forma esquematizada, el proceso de producción de fibras de cabuya se lo sintetiza en el siguiente diagrama:

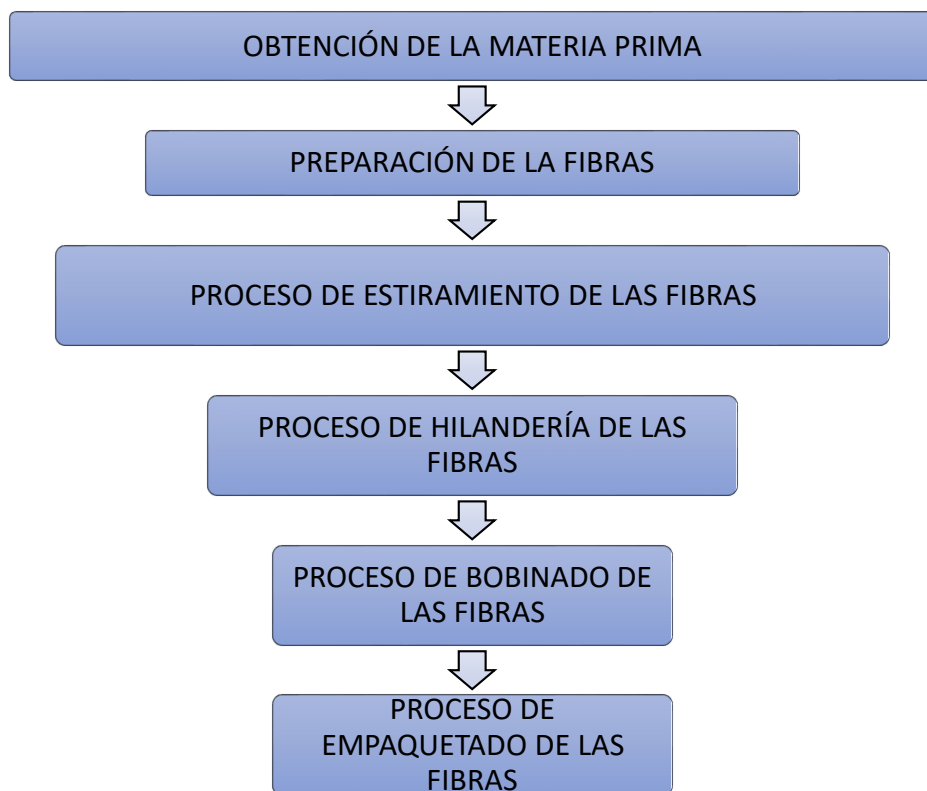


Figura 2.- Pasos a seguirse en el proceso de hilado de las fibras.

Fuente: (Tamayo Duque, 2012, pág. 8)

Una vez expuesto el esquema se describirán brevemente cada uno de los pasos:

- 2.1.1. Preparación de las fibras.** - Como paso preliminar se realizará el peinado de la fibra de cabuya en donde se golpea a las fibras mediante una serie de aspas a gran velocidad rotacional teniendo como resultado una cabuya libre de enredos, polvo, y demás material residual que haya quedado adherido a las fibras durante el proceso de lavado. Luego la materia prima es humedecida en una solución compuesta de agua y aceite en suspensión con el objeto de que las fibras sean más manejables llevándose a cabo dicho proceso también en la máquina de peinado. Una vez que se ha cumplido el proceso anterior, la cabuya pasará a una máquina abridora y rastrilladora en donde será sometida a los referidos procesos para luego ser transportada en una cinta sinfín mientras que se van abriendo y desenredando de forma simultánea los atados que se han ido formando. (Tamayo Duque, 2012, pág. 8)
- 2.1.2. Estiramiento de las fibras.** – En este paso la cabuya será pasada en una máquina estiradora en donde esta se convertirá en una pila de cinta continua y uniforme que posteriormente será apilada en un rollo circular de 1,5 m de altura. (Tamayo Duque, 2012, pág. 8)
- 2.1.3. Hilandería de las fibras.** - En este paso se procederá con la preparación de las fibras para su correspondiente hilatura en donde por medio de una máquina acordonadora los rollos de fibra serán pasados por una serie de peines de diámetros menores y muy juntos en donde cada una de las cintas tendrán el calibre que los fabricantes deseen asignarla, de manera simultánea se sigue removiendo a todo enredo o nudo formado en los pasos anteriormente señalados.
- 2.1.4. Bobinado de las fibras.** - En este paso, la cinta que ha sido preparada anteriormente será sometida a proceso de torsión a una velocidad rotacional de 1800 R.P.M en sentido horario dando como resultado final el hilo de cabuya que posteriormente será bobinado en sus respectivos carretes.

## **2.2. Características químicas de las fibras de cabuya**

Las fibras de cabuya están compuestas de los siguientes elementos: celulosa, hemicelulosa y lignina homocelulosa. (Baldeon Cajo, 2013, pág. 8)

La lignina es un elemento polímero natural de una estructura tridimensional sumamente compleja caracterizada por presentar numerosas ramificaciones de grupo hidroxilo. La lignina junto con la celulosa es la sustancia orgánica con mayor abundancia en la tierra, esta se almacena

en las paredes de las células vegetales las mismas que constituyen los tejidos de mayor resistencia de la planta de cabuya que forman la capa de madera. La lignina es un elemento insoluble en el agua presentando una fuerte resistencia a las reacciones químicas, su peso molecular oscila entre 2000 a 15000 gr/mol. En resumen, las propiedades de la lignina le otorgan la capacidad necesaria y suficiente para constituir un medio de absorción que permita eliminar los metales pesados de las aguas residuales. (Baldeon Cajo, 2013, pág. 10)

Pese a lo anterior, las propiedades de las fibras y los filamentos podrán variar de forma considerable ya sea por el contenido de humedad, fuente, técnica de separación, velocidad de ensayo, entre los factores más importantes. Otros componentes de no menor importancia vienen siendo las pectinas, resinas, ceras y grasas. A continuación, se exponen las principales propiedades químicas de las fibras de cabuya:

<b>Fibra</b>		<b>Jugo Vegetal</b>	<b>Bagazo</b>	
Cenizas	0,07 %	Clorofila	Ceniza	0,122%
Celulosa	73,80%	Caratenoides	Pectina	0,0364%
Resinas, ceras y grasas	1,90%	Saponinas Azúcares	Proteínas Elementos nitrogenados	9,84% 71,29%
Ligninas	11,30%	Resinas	Calcio	0,2165%
Pentosanos	10,50%	Flavonoides Ácidos orgánicos	Fósforo Magnesio	0,09 % 0,02 %
Total	97,57%	Alquitranes Agua Lignina Calcio Lipoides Fósforo	Fósforo Sólido Cobre Hierro Magnesio Zinc	1,81 % 0,04% 14,0% 64,7% 33,0% 17,0%

Tabla 1.- Composición química de las fibras de cabuya.

Fuente: (Baldeon Cajo, 2013, pág. 9)

En lo que respecta a su composición mineralógica, esta se sintetiza en el cuadro que se muestra a continuación:

<b>Elementos</b>	<b>Cenizas (%)</b>	<b>Hoja</b>	<b>Fibra (%)</b>
Nitrógeno	6,84	1,32%	0,22
Fósforo	0,58	0,49%	0,04
Potasio	0,61	7,56%	0,26
Calcio	1,51	3,58%	0,96
Magnesio	0,11	0,72%	0,1
Sodio	0,52	0,40%	0,55
Hierro	0,98	52,2 (ppm)	31,6
Cobre	0,03	8,10 (ppm)	1,4
Magnesio	0,06	45,60 (ppm)	9,4
Zinc	0,06	35,0 (ppm)	16,9%
Boro	Trazas	14,5 (ppm)	1,8%
Cobalto	Trazas	Trazas	Trazas
Cloro	0,16	Trazas	Trazas

Tabla 2.- Composición mineralógica de las fibras de cabuya.

Fuente: (Baldeon Cajo, 2013, pág. 9)

### **2.3. Características físicas de las fibras de cabuya**

La fibra de cabuya se caracteriza por tener propiedades físicas que le proporcionan una buena resistencia mecánica lo que le confiere la característica de ser una fibra dura y sólida, debido a esta propiedad, entonces, la cabuya es utilizada en el reforzamiento de materiales compuestos de plástico, mientras que los productos derivados del penco se usan en la producción de materiales de construcción (tema del presente trabajo), componentes químico - farmacéuticos. (Tamayo Duque, 2012, pág. 10)

Los compuestos y materiales reforzados con fibras naturales de origen vegetal son caracterizados como compuestos lignocelulósicos debido a que las referidas fibras tienen una estructuración compleja conformada por lignina, celulosa y pectina siendo cada uno de los porcentajes de los referidos compuestos parámetros decisivamente influyentes en las propiedades mecánicas de la fibra. (Baldeon Cajo, 2013, pág. 13)

El refuerzo de la fibra natural en los compuestos lignocelulósicos presenta distintas configuraciones en su disposición dentro de la matriz, las mismas que definirán tanto las características y propiedades definitivas de esta. Las configuraciones tienen diferentes disposiciones las mismas que pueden darse como fibras cortas, largas, tejidas y no tejidas definiendo así materiales compuestos de propiedades y características mecánicas en cierta forma complejos. (Baldeon Cajo, 2013, pág. 13)

Al disponerse fibras largas en un solo sentido, la resistencia del material se incrementará en dirección paralela a las fibras, si el refuerzo se lo coloca en capas de dirección perpendicular entre sí el material adquirirá características orto trópicas en donde, sin embargo, tanto su resistencia como la tenacidad a las fracturas inter laminares se verán considerablemente disminuidas lo que traerá consigo importantes limitaciones en calidad de material de uso estructural.

Pese a todo lo anterior, los materiales fabricados en base a procesos de estratificación manual pueden adquirir importantes índices de rigidez al resultar reforzados con fibras vegetales debido a que su configuración es bastante estable y muy bien estructurada contribuyendo además la rugosidad de su superficie facilitando el acoplamiento mutuo inter laminar.

Tanto la estructura como las propiedades de la interfaz matriz son parámetros de vital importancia en las características físico – mecánicas de los materiales fibrosos puesto a que estas dependerán sobre todo de la diferencia existente entre las propiedades elásticas de la matriz y de las fibras de refuerzo. (Baldeon Cajo, 2013, pág. 13)

Por lo anterior, es esencial que exista una interacción entre las fibras y la matriz para que de esta forma los esfuerzos actuantes sobre la matriz puedan ser transmitidos fácilmente a las fibras por medio de la interfaz estando la intensidad de dicha transferencia en función del grado de adhesión en donde este tendrá que ser lo necesariamente intenso para lograr una transferencia acorde con la uniformidad de la distribución por medio de la interfaz. La adhesión o adherencia dependerá directamente de las propiedades mecánicas de los compuestos resultantes junto con la orientación, tamaño y cantidad de las fibras en la matriz. (Baldeon Cajo, 2013, pág. 14)

El comportamiento mecánico de los materiales reforzados dependerá de la orientación y disposición de las fibras, así como de su distribución a todo lo largo del elemento reforzado, de acuerdo con esto, las propiedades mecánicas a tracción de las matrices poliméricas aumentarán en

proporción directa con la inserción de fibra continua y unidireccional aclarándose que la configuración de las fibras se tornará compleja en la fase de procesamiento.

En las sollicitaciones mecánicas de flexión, compresión y corte, tiene mejor rendimiento la fibra corta antes que la fibra continúa debido sobre todo a que la orientación aleatoria de las fibras es de tal forma que al menos una de las fibras estará alineada en la dirección exacta en la que se producen los esfuerzos. A continuación, se exponen los valores de eficiencia de los refuerzos de acuerdo a la orientación de las fibras y la carga aplicada:

Orientación de las fibras	Dirección del esfuerzo	Eficiencia del esfuerzo
Totalidad de las fibras paralelas	Perpendicular a las fibras	0
	Paralelo a las fibras	1
Fibras randómicas y uniformemente distribuidas en un plano específico	En cualquier dirección situada en el plano de las fibras.	3/8

Tabla 3.- Eficiencia de las fibras en función de su orientación.

Fuente: (Baldeon Cajo, 2013, pág. 14)

Entre las principales ventajas y desventajas de utilizar fibras naturales como refuerzos están las que se exponen a continuación:

Ventajas	Desventajas
Bajo costo	Su calidad es heterogénea
Altamente biodegradables	Estabilidad dimensional baja
Bajas demandas de energía	Altos índices de volatilidad
Baja densidad	Muy baja interfaz
Consumen bajas concentraciones de CO2	Procesamiento complejo
Tienen buenas características mecánicas	Las demandas y ciclos de suministro no son uniformes
Toxicidad y abrasividad nulas	Tienen baja resistencia al agua
No presentan residuos de combustión	Altos índices de absorción de agua
Son sustentables	Alta dureza

Tabla 4.- Ventajas y desventajas de las fibras naturales en el reforzamiento de materiales.

## **2.4. Bloques convencionales o artesanales de Cotopaxi en el Ecuador**

Se denomina producción artesanal al trabajo realizado con una manufactura manual con muy poca o la mínima intervención de tecnología o maquinaria de industrialización. En la producción artesanal de forma general la mano de obra del obrero es la fuerza productiva de la empresa. (Julio Rodolfo Castillo Altamirano, 2015)

En Ecuador, bloque artesanal se denomina al “bloque” elaborado con el mínimo control de calidad durante todos los procesos de su producción, fabricado por personas (obreros) con poco o ningún conocimiento y preparación técnica; con tecnología y máquinas elaboradas de forma propia o artesanal. Las máquinas ayudan a aumentar producción y elaboración de los bloques, pero no generan mejoras físicas al bloque.

En la producción de los bloques artesanales, los conocimientos de producción y elaboración son transmitidos o “heredados” de trabajador a trabajador o de generación en generación (padres a hijos), dificultando la innovación de nuevos procesos de fabricación, e influyen en errores repetitivos en el paso del tiempo los cuales se evidencian por la falta de investigación y modernización.

En las zonas suburbanas y rurales de las ciudades del Ecuador el bloque artesanal es más utilizado debido a su fácil comercialización, transporte, bajo precio, bajo costo de elaboración y poco peso, logrando desplazar del mercado a las grandes fábricas de bloques con mejor tecnología, mano de obra calificada, mejor proceso de producción y mejores características físicas.

Ensayos realizados entre 2016 y 2018 han demostrado que la resistencia de este bloque artesanal elaborado en el Cantón Latacunga no cumple los requerimientos solicitados en la Norma NTE 3066 para bloque no estructural tipo B para paredes, además se evidencia que al pasar el tiempo disminuye las características de resistencia y durabilidad como se ha podido observar en depósitos de bloques en las provincias de la costa como en Guayaquil, Santo Domingo, Manabí y Esmeraldas. (Holcim, 2016)

Los bloques artesanales elaborados en el cantón de Latacunga en su mayoría la oferta en la producción son bloques con poca resistencia y mala calidad, también presentan medidas incompletas y mal aspecto visual, a pesar de todo lo mencionado anteriormente presenta una gran demanda en el mercado por su precio competitivo y se lo encuentra en la mayoría de provincias el

país, por esta razón se ve la importancia de mejorar las características físicas y mecánicas de los bloques.

### Características generales del bloque convencional

Las medidas de los bloques oscilan entre el rango de valores que se expone a continuación:

DIMENSIONES	MEDIDAS (cm.)
Largo	38 – 40
Ancho	14 – 20
Alto	19- 20

Tabla 5.- Medidas de bloques convencionales

Fuente: Darío Tumbaco

El número de unidades existentes en el mercado es muy variado, es así que se puede encontrar un stock muy amplio con una multiplicidad de formas, dimensiones, número de huecos, acabados, etc. Las unidades estándar se caracterizan por tener perforaciones en el eje normal al plano de carga con el objeto alivianar su peso, aumentar su índice de aislamiento térmico y facilitar el proceso de armado vertical.



Figura 3.- Diversos tipos de bloques convencionales.

Fuente: Darío Tumbaco

Las unidades se clasifican de acuerdo al porcentaje de huecos que presentan como se muestra a continuación:

TIPO DE UNIDAD	HUECOS (%)
Maciza	$\leq 25,0$
Perforada	$\leq 50,0$
Aligerada	$\leq 60,0$
Hueca	$\leq 70,0$

Tabla 6.- Clasificación de los bloques según el porcentaje de huecos.

Fuente: Darío Tumbaco

### Tipos de bloques

De acuerdo a su geometría

- **Bloques huecos.** - Estas unidades tienen distintos acabados superficiales y se clasifican en los siguientes tipos:

TIPO DE BLOQUE	FORMA
REDONDO	
SEMI REDONDO	
MASIZO	
CUADRADO	

Tabla 7.- Tipos de bloques huecos.

Fuente: Darío Tumbaco

## 2.4.1 Requisitos para bloques de hormigón según las Normas INEN 3066

### 2.4.1.1 Clasificación de los bloques

#### Según su uso

Los bloques huecos de hormigón se clasifican en tres clases de acuerdo a la NTE INEN 3066, los cuales se sintetizan a continuación:

CLASE	USO
A	Mampostería estructural
B	Mampostería no estructural
C	Alivianamiento en losas

Tabla 8.- Clasificación de los bloques de acuerdo a sus usos.

Fuente: (INEN, 2016, pág. 3)

#### Según su densidad

De acuerdo con su densidad, los bloques huecos de hormigón se clasifican en tres tipos:

TIPO DE BLOQUE	DENSIDAD DEL HORMIGÓN (Kg/m <sup>3</sup> )
Liviano	< 1680,0
Mediano	1680,0 – 2000,0
Normal	>2000,0

Tabla 9.- Clasificación de los bloques de acuerdo a su densidad

Fuente: (INEN, 2016, pág. 3)

#### Según sus dimensiones

Las dimensiones de los bloques de acuerdo con la normativa INEN 3066 se sintetizan en el cuadro que se expone a continuación:

Dimensiones modulares (nM)			Dimensiones modulares (mm)			Dimensiones nominales (mm)		
LARGO	ANCHO	ALTO	LARGO	ANCHO	ALTO	LARGO	ANCHO	ALTO
4,0	3,0	2,0	400	300	200	390	290	190
		2,5			250			240
3,0	2,0	1,5	300	200	150	290	190	140
2,0	1,0	1,0	200	100	100	190	90	90

nM: Número de medidas modulares

Tabla 10.- Dimensiones modulares y nominales de los bloques de hormigón.

Fuente: (INEN, 2016, pág. 4)

Se catalogan como dimensiones nominales a las medidas principales correspondientes al largo, ancho y alto de la pieza establecidas en la normativa INEN 3066 que designarán su tamaño, y como dimensiones efectivas aquellas que se obtienen por medición directa de la pieza.

#### 2.4.1.2 Requisitos de resistencia

Los requisitos de resistencia para los bloques huecos de hormigón establecidos por la norma NTE INEN 3066 se exponen en la tabla esquemática que se muestra a continuación:

DESCRIPCIÓN	Resistencia mínima a la compresión simple (Mpa*)		
	Clase A	Clase B	Clase C
Promedio de 3 unidades	13,8	4,0	1,7
Por unidad	12,4	3,5	1,4

\*1 Mpa = 10,2 Kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 11.- Requisitos de resistencia a la compresión en bloques huecos de hormigón.

Fuente: (INEN, 2016, pág. 6)

## 2.4.2 Características de los materiales

### 2.4.2.1 Cemento

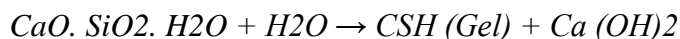
El cemento es un producto que tiene propiedades de carácter hidráulico siendo el resultado de la molienda conjunta de yeso y Clinker siendo este último el producto de la cocción

hasta la fusión incipiente de una alta proporción de calizas con sílice, alúminas – generalmente con alta concentración en materiales arcillosos – y minerales ferrosos que actúan como fundente. (Salamanca, 2000, pág. 78)

El cemento es un material que actúa como elemento ligante entre los materiales áridos o agregados que conforman la mezcla de hormigón siendo entonces errónea la afirmación de que es el principal responsable de la solidez y resistencia de este material. El cemento tiene la propiedad de endurecerse o fraguar siendo este un proceso de carácter irreversible que se encuentra subordinado a la reacción de los compuestos anhidros del cemento con el agua.

La mezcla del cemento con el agua, más conocida como “pasta”, vendrá siendo el agente aglomerante del hormigón o concreto debido a que, al combinarse el agua con el cemento, las componentes individuales del último forman compuestos hidratados. (Salamanca, 2000, pág. 78)

La hidratación del cemento viene siendo un proceso de hidrólisis de sus componentes silíceos dando como resultado la formación de un silicato hidratado de calcio ( $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) de bajo índice de plasticidad en forma de gel junto con la liberación de cal separada en cristales de hidróxido de calcio comúnmente conocidos como portlandita, siendo la reacción química la que se expone a continuación:



Al completarse la reacción, el cemento contendrá cerca de un 60% de CSH junto con un 30% de  $\text{Ca(OH)}$ . Los silicatos hidratados serán componentes que contribuyan al desarrollo de la resistencia de la mezcla mientras que el  $\text{Ca(OH)}$  es un compuesto pasivo que elevará el PH de la mezcla hasta un valor aproximado de 12,5 – por su carácter de compuesto ácido – lo que permitirá proteger a la armadura de acero contra los efectos de corrosión, sin embargo, por su alto índice de solubilidad puede incrementar la porosidad de la mezcla con la consecuente disminución de su resistencia. (Salamanca, 2000, pág. 78)

El hidróxido de calcio es propenso a reaccionar junto con el dióxido de carbono, sobre todo en ambientes contaminados dando como resultado la formación de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) junto con la disminución del PH de la mezcla de concreto facilitando así los fenómenos de corrosión y carbonatación que deterioran seriamente a la mezcla de hormigón.

En lo que concierne a los aluminatos, estos reaccionan con el yeso posibilitando que el proceso de fraguado y endurecimiento pueda darse dentro de los tiempos adecuados para que pueda reaccionar enteramente la mezcla de hormigón sin dar lugar a un proceso de fraguado instantáneo ocasionado por el aluminato tricálcico al no existir la suficiente concentración de yeso. (Salamanca, 2000, pág. 79)

Por lo anterior, entonces, los fenómenos de hidratación, fraguado y endurecimiento del cemento son de ocurrencia continua y se encuentran subordinados a cambios en la composición de la materia, energía y en las velocidades de reacción en cada una de las fases del proceso.

#### **2.4.2.1.1 Clasificación de los cementos**

##### **Cementos hidráulicos por desempeño:**

- **Cemento tipo GU:** Son cementos de uso general.
- **Cemento tipo HE:** Son cementos de alta resistencia inicial
- **Cemento tipo HS:** Son cementos de moderada resistencia a los sulfatos.
- **Cemento tipo MH:** Son cementos de moderado calor de hidratación.

##### **Cementos hidráulicos compuestos:**

- **Cemento tipo IP:** Son cementos portland de tipo puzolánico en donde la concentración de puzolana oscila entre el 15 al 40%.
- **Cemento tipo IT:** Son cementos compuestos ternarios, generan menor cantidad de CO<sub>2</sub> en su fabricación.
- **Cemento tipo IS:** Son cementos de tipo portland – siderúrgico en donde el contenido de la escoria oscila entre el 25 al 60%.

#### **2.4.2.2 Agregados**

##### **2.4.2.2.1 Agregado grueso**

Es un material constituido por grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de explosión entre los principales componentes. Este material es el que define el comportamiento mecánico del hormigón, y, por lo tanto, su resistencia.

El uso del agregado grueso puede llegar a causar una disminución en la resistencia con respecto a la resistencia del hormigón sometido a cambios severos de temperatura, además de degradaciones en las propiedades del hormigón ya sea en el proceso de mezclado, manipulación o vertido. (Sarg, 2010, pág. 5)

El agregado grueso procedente del material rocalloso triturado puede contener partículas susceptibles a elementos alcalinos, ataque de sulfatos y materia orgánica sobre todo en los poros de hormigón fresco.

### **Elementos nocivos en el agregado grueso**

Los límites de los elementos o sustancias nocivas presentes en el agregado grueso se establecerán de acuerdo a la severidad de las acciones de abrasión y al tipo de agregado. En lo que respecta a los límites de abrasión de los agregados gruesos, estos vienen siendo un parámetro fundamental para que la resistencia del hormigón sea completamente satisfactoria de acuerdo al lugar y el tipo de hormigón que se utilice. (Sarg, 2010, pág. 6)

Es muy importante el efectuar un muy cuidadoso proceso de selección del agregado grueso para de esta forma evitar gastos innecesarios que pueden perjudicar el normal desenvolvimiento de la obra. Al seleccionar agregados de bajos límites de aceptación, estos actuarán de forma insatisfactoria lo que causará un deterioro prematuro del hormigón elaborado con dicho material.

Debido a que el agregado grueso es susceptible al aumento de humedad, en su proceso de selección se deberá de verificar que no contenga materiales o elementos que puedan reaccionar en forma nociva con los álcalis presentes en el cemento que originen la expansión del mortero de concreto en forma excesiva. (Sarg, 2010, pág. 7)

Podrán utilizarse diferentes tipos de agregados gruesos en la elaboración de hormigón siempre y cuando se encuentren dentro de los límites admisibles de la resistencia de diseño. Las especificaciones de diseño del hormigón serán determinantes para decidir si se opta por uno o varios tipos de agregado grueso tomando en cuenta las características que puedan deteriorar al hormigón. (Sarg, 2010, pág. 7)

## **Especificaciones para el agregado grueso**

**Norma ASTM C 295.-** Tiene como objetivo efectuar el reconocimiento de los materiales capaces de reaccionar con los álcalis del cemento estando entre los principales las andesitas, vidrio volcánico, ópalo, cuarzo traslúcido, zeolitas. La concentración de estos materiales es un parámetro fundamental que permitirá determinar el potencial de los álcalis siendo importante mencionar que algunos de ellos pueden proporcionar al agregado de reacciones nocivas si su presencia es de cuanto más el 1,0%. (Sarg, 2010, pág. 18)

**Norma ASTM 227.-** Este ensayo es recomendable para analizar con cementos de alta concentración de álcalis – entre el 0,6 y 0,8 % expresado en Na(OH) - puesto que facilitará obtener la información de la probabilidad de reacciones perjudiciales. Las combinaciones de cemento y agregado que en común hayan sido la causal de expansión excesiva en las reacciones estarán catalogadas como potencialmente radiactivas. Se considerará que la expansión es excesiva cuando el exceso es del 0,05% en una prueba a tres meses o del 0,1% en una prueba a seis meses. (Sarg, 2010, pág. 18)

**Norma ASTM C 289.-** Por medio de este ensayo se pretende determinar la reactividad potencial de los agregados con los álcalis del cemento portland. Sus resultados generalmente se obtienen de forma rápida sin embargo no son confiables para todos los casos, por lo que será necesario obtener información adicional mediante los métodos de las normas ASTM 295 y 227. (Sarg, 2010, pág. 18)

**Norma ASTM C 586.-** Por medio de este método será posible determinar la reactividad potencial de los álcalis en las rocas carbonáticas, proporcionando además información acerca de las características expansivas que adquieren las referidas rocas al ser sumergidas en una solución de Na(OH) a temperatura controlada. El nivel general de reactividad de las rocas se lo determina en base a la variación de la longitud que estas adquirirán durante el tiempo de inmersión. (Sarg, 2010, pág. 18)

### **2.4.2.2.2 Agregado fino**

Se conoce como agregado fino al material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas que pasan por el tamiz 3/8” (9,52 mm) y queda retenido en el tamiz N.- 200 (0,075 mm). (Mejía, 2010, pág. 116)

El agregado fino debe de pasar el tamiz N.- 4 y ser retenido en el tamiz N.- 100. Este material contribuye con la disminución de la resistencia prematura del hormigón, actuando además como elemento lubricante sobre el cual rueda el agregado grueso proporcionándole así manejabilidad a la mezcla de hormigón. (Mejía, 2010, pág. 116)

El agregado fino no deberá de tener más del 45,0% retenido entre dos tamices consecutivos estando su módulo de finura entre 2,3 y 3,1, siendo dicho módulo la relación existente entre la suma de los porcentajes retenidos en los tamices estándar y cien. En caso de que el agregado fino no cumpla con estos requisitos, podrá ser utilizado siempre y cuando cumpla con los requisitos del ensayo de esfuerzo del mortero establecido por la norma C87 en donde el material será aceptado si después de los siete días su resistencia equivale al 95% de la que fue diseñada se aceptará el agregado. (Sarg, 2010, pág. 3)

La granulometría del agregado fino se la resume a continuación:

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
3/8" (9,5 mm.)	100%
N.- 4 (4,75 mm.)	95 – 100%
N.- 8 (2,36 mm.)	80 – 100%
N.- 16 (1,18 mm.)	50 – 85%
N.- 30 (600 µm.)	25 – 60%
N.- 50 (300 µm.)	10 – 30%
N.- 100 (150 µm.)	2 – 10%

Tabla 12.- Requisitos de gradación para agregado fino según la norma ASTM C 33-01.

Fuente: (Mejía, 2010, pág. 119)

La arena deberá de estar bien graduada entre los límites de fino y grueso para que de esta forma pueda llenar la totalidad de los espacios vacíos entre los agregados gruesos obteniendo de esta forma mezclas más compactas. Mientras mayor sea el valor del módulo de finura más grueso será el agregado, por lo que en los agregados finos el módulo de finura permitirá estimar las proporciones tanto del agregado fino como del agregado grueso en las mezclas de hormigón. (Mejía, 2010, pág. 119)

A pesar de que, aunque las especificaciones permiten que el porcentaje que pasa el tamiz N.- 50 esté comprendido entre el 10 y el 30%, se recomienda el límite inferior en caso de que el vertido de hormigón sea sencillo o cuando los acabados se los haga de forma mecánica. En el caso de texturas superficiales tersas el agregado fino a emplearse cuanto menos el 15% deberá pasar por el tamiz N.- 50 y el 3% deberá pasar por el tamiz N.- 100. (Mejía, 2010, pág. 119)

### **Curva granulométrica**

Es la representación gráfica de los resultados obtenidos en el laboratorio al ser analizado el material granular que permite averiguar la distribución por tamaños de las partículas de un árido.(Universidad de Alicante, 2009, pág. 2)

### **Fracción granulométrica**

Es la cantidad de árido que pasa por un determinado tamiz y queda retenido en otro. (Universidad de Alicante, 2009, pág. 2). Los siguientes parámetros son de fundamental importancia en la granulometría del agregado fino:

<b>PARÁMETRO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
D <sub>10</sub>	Tamaño máximo de las partículas que constituye la porción 10% más fina del agregado, también se conoce como “diámetro efectivo”.
D <sub>30</sub>	Tamaño máximo de las partículas que constituyen la porción 30% más fina del agregado.
D <sub>60</sub>	Tamaño máximo de las partículas que constituyen la porción 60% más fina del agregado.

Tabla 13.- Parámetros importantes en la granulometría del agregado fino.

Fuente: (Mejía, 2010, pág. 120)

Estos parámetros son útiles para determinar dos coeficientes importantes: de uniformidad y curvatura, los mismos que se describirán a continuación:

### **Coefficiente de uniformidad**

Es la relación entre D<sub>60</sub> y D<sub>10</sub>:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

El coeficiente de uniformidad no tiene valores límites, sin embargo, a medida que el valor de  $D_{60}$  dista más del de  $D_{10}$  el coeficiente de uniformidad aumenta interpretándose como mejoramiento de la graduación del material. Si el valor de  $D_{60}$  es casi semejante al de  $D_{10}$  se dice que el material es “mal graduado”. De acuerdo a lo anterior, ha llegado a convenirse de que un agregado fino es “bien graduado” cuando  $C_u > 6,0$ . (Mejía, 2010, pág. 121)

### **Coeficiente de curvatura**

Es la relación entre el cuadrado de  $D_{30}$  y el producto entre  $D_{60}$  y  $D_{10}$ . Matemáticamente se lo expresa de la siguiente forma:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

El anterior es un valor de utilidad para el control de la curvatura o rectitud del gráfico en una región determinada cuando el lugar geométrico entre los puntos  $D_{10}$  y  $D_{60}$  del diagrama presenta forma sinusoidal. Se dice que un material granular tiene una graduación “buena” cuando su valor del coeficiente de curvatura oscila entre 1 y 3. (Mejía, 2010, pág. 121)

Los parámetros anteriores pueden hallarse de forma sencilla y rápida en la curva granulométrica ubicando los valores correspondientes a  $D_{10}$ ,  $D_{30}$  y  $D_{60}$  para luego trazar abscisas paralelas al eje horizontal hasta que se corten con el lugar geométrico de la curva granulométrica del material ensayado y finalmente proyectar la intersección mediante ordenadas paralelas al eje vertical y perpendiculares al eje de las abscisas en donde su intersección con este último será el valor correspondiente.

Como ejemplo se tomarán los datos de un ensayo granulométrico que se muestran a continuación:

TAMIZ		RETENIDO EN GRAMOS		PORCENTAJE	
ASTM	mm.	PARCIAL	ACUMULADO	RETENIDO	PASA
3/8"	9,52	0,00	0,00	0,00	100,00
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,36	114,10	114,10	25,40	74,60
16	1,18	85,30	199,40	44,30	55,70
30	600 $\mu\text{m}$	60,20	259,60	57,70	42,30
50	300 $\mu\text{m}$	63,20	322,80	71,70	28,30
100	150 $\mu\text{m}$	69,20	392,00	87,10	12,90
200	75 $\mu\text{m}$	42,10	434,10	96,50	3,50
<b>Bandeja</b>		15,90			
<b>TOTAL</b>			450,00	100,00	0,00

Tabla 14.- Resultados de un ensayo granulométrico.

Fuente: (Mejía, 2010, pág. 122)

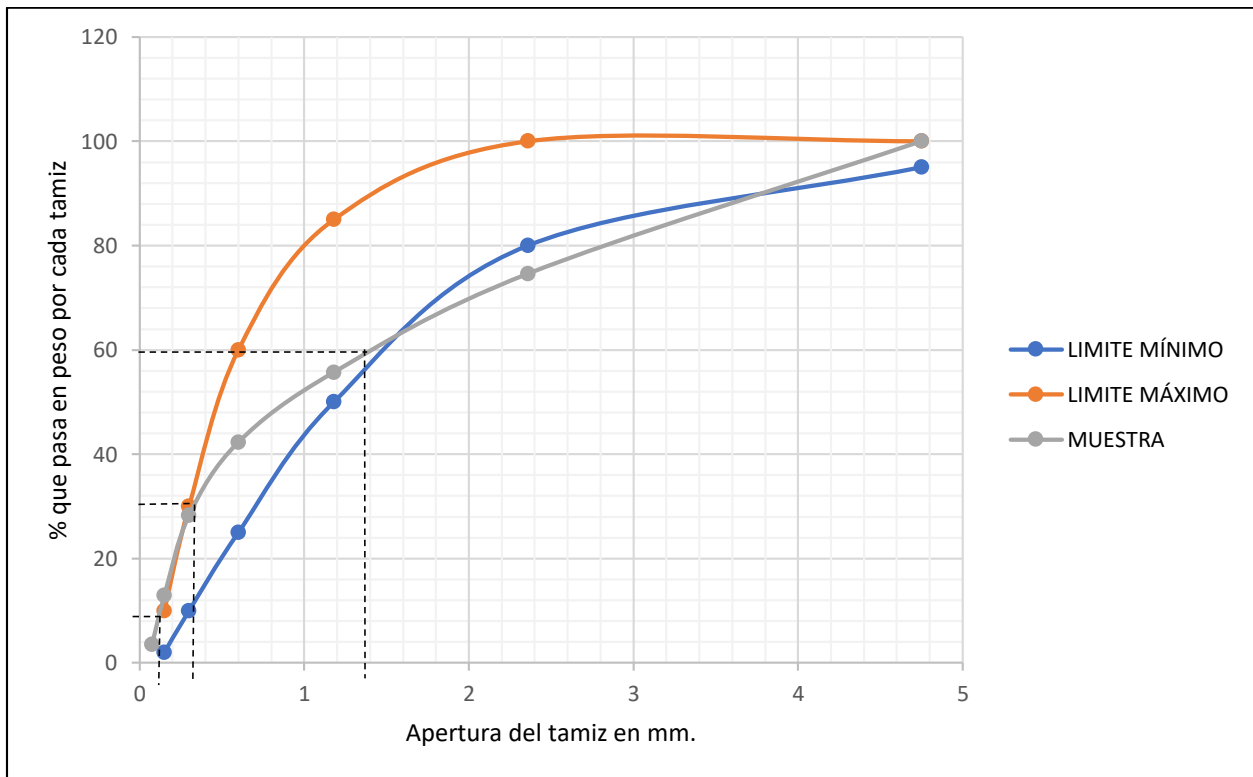


Figura 4.- Curva granulométrica del ensayo.

Fuente: Darío Tumbaco

Como se puede observar en el esquema representado en la figura 6, correspondiente a la curva granulométrica, los valores correspondientes de los parámetros de ese material son los siguientes:

$D_{10}$ : 0,1;  $D_{30}$ : 0,38;  $D_{60}$ : 1,4

Por lo tanto, el valor del coeficiente de uniformidad será:

$$C_u = \frac{1,4}{0,1} = 14 > 6,0$$

Se calculará ahora el valor del coeficiente de curvatura:

$$C_c = \frac{0,38^2}{0,1 * 1,4} = 1,031 > 1,0$$

Por lo tanto, es un material bien graduado.

### **2.4.2.3 Agua de mezclado**

Este componente es un elemento esencial para la hidratación de la lechada de la mezcla de hormigón estando su proporción de 200 a 220 gramos de agua destilada por 1 Kg de cemento.

Del agua además dependerá el fenómeno de curado que definirá el buen comportamiento de la mezcla de hormigón, por lo que esta deberá de ser capaz combinarse químicamente de forma satisfactoria además de actuar como elemento lubricante que permita una adecuada trabajabilidad de la mezcla de hormigón. (Mejía, 2010, pág. 124)

#### **Límite de sustancia**

El agua de mezclado deberá de ser limpia y fresca, estar libre de sustancias azucaradas, efluentes inorgánicos, sulfatos de magnesio, sodio y calcio (también conocidos como álcalis blandos), limos, arcillas, lodos, algas, etc. Muchas de las sustancias impuras bien pueden ser ya de origen natural o proveniente de actividades industriales.

A continuación, se expondrán los principales límites de sustancia establecidos en el código ASTM:

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO
Sulfatos ( $SO_4$ ) <sup>--</sup>		Mg/dm <sup>3</sup>		600,00
Materia orgánica (oxígeno consumido)		Mg/dm <sup>3</sup>		3,0
Cloruros $Cl^-$	Uso en hormigón simple	Mg/dm <sup>3</sup>		2000,00
	Uso en hormigón convencional	Mg/dm <sup>3</sup>		700,00
	Uso en hormigón pretensado	Mg/dm <sup>3</sup>		500,00
Sólidos en suspensión		Mg/dm <sup>3</sup>		5000,00
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total expresada en $NaHCO_3$ )		Mg/dm <sup>3</sup>		1000,00
Concentración de hierro (Fe)		Mg/dm <sup>3</sup>		1,0
Acidez o alcalinidad (PH)			5,5	8,0

Tabla 15.- Límites de sustancia en el agua de mezclado de acuerdo con la norma ASTM.

Fuente: (Mejía, 2010, pág. 125)

### Cloruros

Los iones cloruro producen corrosión en las armaduras junto con la producción de ataques en la capa protectora de óxido que se forma en el acero de refuerzo debido a la presencia de una alta concentración de alcalinidad en el hormigón (PH = 12,5). El fenómeno de corrosión en el hormigón se inicia cuando el nivel de iones de cloruro solubles en ácido tiene una concentración aproximada de 0,2 al 0,4% del peso de cemento. (Mejía, 2010, pág. 128)

### Sulfatos

La alta concentración de sulfatos en el agua de mezclado provoca reacciones de tipo expansivo. Las sales de hierro en concentraciones de hasta 40000 ppm, aunque si bien no afectan la resistencia mecánica del hormigón si afectarán su aspecto estético. (Mejía, 2010, pág. 128)

### Sales de hierro

Las sales de hierro que tienen concentraciones de 400000 ppm al igual que los sulfatos no afectan el comportamiento mecánico del hormigón más si su aspecto estético. En lo que respecta a las aguas freáticas, sus concentraciones ferrosas generalmente oscilan entre las 20 a 30 ppm, o

no las tienen lo que no ocurre en las aguas de mina en las que sus concentraciones ferrosas pueden ser considerablemente altas. (Mejía, 2010, pág. 128)

#### 2.4.2.4 Fibra de cabuya

La composición química de las fibras de cabuya depende sobre todo de las especies, el tipo de suelo, las condiciones climáticas y del tipo de procesamiento de las fibras, sin embargo, sus componentes genéricos vienen siendo la hemicelulosa, la celulosa y la lignina que se encuentran en todas las variedades de cabuya. (Zambrano, 2016, pág. 17)

El objetivo tanto de la hemicelulosa como de la lignina es el de proteger a las fibras de celulosa de las agresiones provenientes de factores externos y de forma simultánea transmitir los esfuerzos de tensión a los que se halla sometido el material. (Zambrano, 2016, pág. 17)

Las características mecánicas de las fibras de cabuya se las sintetiza en la tabla que se expone a continuación:

<b>RESISTENCIA</b>	<b>CUANTIFICACIÓN</b>
Módulo de Elasticidad	76,5 (Kg/cm <sup>2</sup> ) (7,50 Mpa)
Resistencia al corte	1142,0 (Kg/cm <sup>2</sup> ) (112,0 Mpa)
Resistencia a la tracción	3111000 (Kg/cm <sup>2</sup> ) (305 Mpa)
Densidad	1,30 gr/cm <sup>3</sup>

Tabla 16.- Características mecánicas de las fibras de cabuya.

Fuente: (Zambrano, 2016, pág. 18)

En lo que respecta a las características químicas, estas se resumen en el cuadro siguiente:

<b>COMPONENTES</b>	<b>CONTENIDO</b>
Lignina	11,30 – 15,50 %
Pentosas	10,50 – 17,70 %
Cenizas	0,70 %
Humedad, cerezas y grasas	1,90%
Celulosa	62,70 % - 73,80%

Tabla 17.- Características químicas de las fibras de cabuya.

Fuente: (Zambrano, 2016, pág. 18)

#### 2.4.2.4.1 Proceso de producción de la fibra de cabuya

El proceso genérico de extracción de la fibra de cabuya consiste en cinco pasos fundamentales que se sintetizan a continuación:

PASO	DESCRIPCIÓN
Cortado	<p>También conocido como cosecha.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se desprenden de la planta una cierta cantidad de hojas.</li><li>• El corte parte desde la base del penco maduro con un machete o cuchillo bien afilado. El corte debe de ser recto.</li><li>• La planta deberá de quedar con un mínimo de 15 a 20 hojas.</li><li>• Se tendrá cuidado de no lastimar a las hojas aledañas para que puedan continuar con su proceso de crecimiento.</li></ul>
Desfibrado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se separa la corteza de las fibras ubicadas en el interior de las hojas por medio de los procesos de macerado y raspado hasta que la fibra quede libre.</li><li>• La extracción de las fibras se efectúa de forma manual o mecánica usando para este último proceso una máquina desfibriladora.</li></ul>
Lavado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Las fibras son sumergidas en tanques de agua para que de esta forma puedan removerse los residuos que hayan quedado adheridos a estas.</li><li>• Para este paso se recomienda la utilización de tanques que evitarán la contaminación de las aguas.</li></ul>
Secado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Una vez que han sido lavadas las fibras, estas son colocadas sobre alambres o secadores aéreos con el objetivo de que estas sean secadas al clima.</li></ul>
Escarmentado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Es la fase final, comprende el desenredado de las fibras siendo estas o bien pasadas a través de un cepillo de clavos o colocadas en una máquina peinadora en donde por medio de aspas a gran potencia de revolución ayudarán a liberar a la cabuya de impurezas que no hayan podido ser removidas en la fase del lavado.</li></ul>

Tabla 18.- Esquema del proceso de producción de las fibras de cabuya.

Fuente: (Briceño, 2016, pág. 8)

## CAPÍTULO III

### ENSAYOS DE LABORATORIO

#### 3.1. Ensayo de granulometría del agregado fino (polvo blanco)

Este ensayo tiene como objetivo primordial la determinación de la distribución de las partículas finas a través de una serie establecida de tamices la misma que se halla dispuesta del siguiente modo: Se ordenan de mayor a menor abertura desde el tamiz 3/8” hasta el N.- 100. De acuerdo con la normativa ASTM, para que un agregado sea considerado como fino este no deberá pasar más del porcentaje estipulado en cada uno de los tamices indicados en la tabla 12, además de que su módulo de finura deberá estar entre 2,3 y 3.1. (Albán & Utreras, 2020, pág. 27). El procedimiento del ensayo granulométrico para el agregado fino se lo sintetizará en el cuadro sinóptico siguiente:

PASO	DESCRIPCIÓN
Preparación de la muestra	Se cuartea la muestra designada posteriormente se la secará al horno a una temperatura constante comprendida entre 100 a 110 °C en un período de 24 horas hasta que su masa sea constante.
Preparación del tamizado	En este paso se procede a colocar los tamices en serie en orden descendente de acuerdo a las especificaciones establecidas en la tabla 12, comenzando por el tamiz N.- 8.
Colocación del material de muestra	Se coloca la muestra en el tamiz de mayor abertura, en este caso el N.- 8.
Proceso de tamizado	Se procede al correspondiente proceso de tamizado de la muestra el cual consiste en la remoción de la serie de tamices, la misma que se puede hacer ya sea por forma manual o mecánica aplicando a la serie un conjunto de movimientos rotatorios, los mismos que tendrán una frecuencia de duración comprendida entre 10 a 15 minutos.
Determinación de pesos retenidos	Una vez que se ha tamizado la muestra, se determinará el peso de la fracción de material retenido en cada uno de los tamices que comprenden la serie, incluyéndose el material que ha quedado en la bandeja de base.

Tabla 19.- Síntesis del proceso de ensayo granulométrico del agregado fino.

Fuente: Darío Tumbaco

### 3.2. Ensayo de granulometría del agregado grueso (cascajo)

Un agregado es considerado como grueso al tener un tamaño mínimo de 4,8 mm. El material deberá ser duro, limpio y resistente. Su superficie exterior deberá de estar libre de polvo y materiales extraños, su forma será aproximadamente cúbica. (Delgado & Chavez, 2014, pág. 4)



Figura 5.- Forma genérica de agregado grueso.

Fuente: (Delgado & Chavez, 2014, pág. 5)

Al igual que en el caso del agregado fino, el procedimiento del ensayo granulométrico del agregado grueso se lo sintetiza a continuación:

PASO	DESCRIPCIÓN
Preparación del material	La muestra se la obtiene por cuarteo, posteriormente se efectúa el lavado para eliminar impurezas y luego se la seca al horno a 110°C por un lapso de 24 horas.
Tamizado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se prepara el tamizado en serie con la siguiente secuencia: 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8” hasta llegar al tamiz de fondo.</li><li>• Al igual que en el caso del agregado grueso, se procede a la tamización en sí ya sea por procedimiento manual o mecánico por un lapso de tiempo entre 10 a 15 minutos.</li></ul>
Determinación de masas retenidas	Luego de haber finalizado el proceso de tamización, se desmontará la serie de tamices y se pesarán las correspondientes fracciones retenidas en cada uno de ellos para posteriormente en base a los resultados proceder al trazado de la respectiva curva granulométrica.

Tabla 20.- Síntesis del proceso de ensayo granulométrico del agregado grueso.

De acuerdo con la disposición en serie de los tamices que se escoja según el tipo de ensayo que se realice y el agregado empleado, la normativa ASTM dispone las siguientes especificaciones referentes a las limitaciones del porcentaje de material pasante por cada uno de los tamices como se expone en la tabla 21 que se muestra a continuación:

Tamaño nominal	CANTIDADES MÁS FINAS QUE CADA TAMIZ DE LABORATORIO (ABERTURAS CUADRADAS) % EN PESO												
	4" 100 mm	3 ½" 90 mm	3" 75 mm	2 ½" 63 mm	2" 50 mm	1 ½" 37,5 mm	1" 25 mm	¾" 19 mm	½" 12,5 mm	3/8" 9,5 mm	No4 4,75 mm	No8 2,36 mm	No16 1,18 mm
3 ½" a 1 ½"	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5					
2 ½" a 1 ½"	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5					
2" a No4	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5		
1 ½" a No4	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5		
1" a 3/8"	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5		
1" a No4	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	
¾" a No4	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	
2" a 1"	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5				
1 ½" a ¾"	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5				
1" a ½"	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5			
¾" a 3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5		
½" a No4	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	
3/8" a No8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5

Tabla 21.- Requisitos de gradación para agregado grueso según la norma ASTM C33-01

Fuente: (Universidad de Alicante, 2009, pág. 15)

En lo referente al tamaño de las muestras a utilizarse para el ensayo granulométrico del agregado en cuestión, la normativa INEN dispone de las siguientes limitantes:

<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (mm.)</b>	<b>PESO MÍNIMO DE LA MUESTRA DE PRUEBA (Kg.)</b>
9,5	1,0
12,5	2,0
19,0	5,0
25,0	10,0
37,5	15,0
50,0	20,0
63,0	35,0
75,0	60,0
E 90,0	100,0
100,0	150,0
125,0	300,0

Tabla 22.- Tamaño mínimo de la muestra de agregado grueso.

Fuente: (Albán & Utreras, 2020, pág. 24)

### **3.3. Ensayo de peso específico y capacidad de absorción del agregado fino**

#### **3.3.1.- Definición de peso específico**

Se conoce como peso o gravedad específica al cociente de la relación existente entre la masa de la muestra seca y el volumen. Este parámetro es de utilidad en la determinación de la densidad de la fracción sólida de una considerable cantidad de partículas de material granular obteniendo así un valor promedio representativo de la muestra.

De acuerdo con la normativa ASTM, el peso, densidad o gravedad específica se define como la relación de masa de un material granular a la masa de un volumen de agua igual al volumen de dichas partículas, el mismo que se conoce como “volumen absoluto del agregado”. También es expresada como la relación existente entre la densidad del material granular a la densidad del agua destilada. (Mejía, 2010, pág. 108)

### 3.3.2. Proceso de ensayo

El proceso de ensayo se lo efectúa de acuerdo a las normativas estipuladas por la Norma Técnica INEN 0858. Los pasos correspondientes se los sintetizará en el cuadro sinóptico que se expone a continuación:

PASO	DESCRIPCIÓN
Preparación de la muestra	Se toma un par de muestras de agregado fino con superficie seca con un peso que oscile entre los 500 a 510 gr. Luego de determina la masa del matraz en la balanza calibrada.
Colocación de la muestra	Una vez que se ha preparado la muestra y se ha pesado el matraz, se procederá a colocar la muestra en su interior para luego llenarla con agua hasta un volumen de 500 cm <sup>3</sup> a una temperatura de 20°C.
Eliminación de las burbujas de aire	Luego de haberse llenado el matraz con la muestra se eliminarán las burbujas de aire que pueda haber en este para lo cual se lo hará girar o agitar en su eje longitudinal con una inclinación aproximada de 60°.
Pesaje definitivo	Luego de haber cumplido con el paso anterior, se volverá a pesar el conjunto matraz-muestra adoptándose el resultado como medida definitiva.
Secado de la segunda muestra	Se retirará del matraz la primera muestra y se colocará en el horno la segunda a una temperatura uniforme que oscile entre 100 a 110°C hasta lograr una masa uniforme para luego dejarla enfriarse en el transcurso de dos horas.
Determinación de masa de agua añadida al matraz	<p>Para cumplir este paso se recurrirá a la expresión siguiente:</p> $Ma = Mmw - (Mm + B)$ <p>Siendo:</p> <p>Ma: Masa de agua colocada en el matraz (g.)</p> <p>Mm: Masa del matraz (g.)</p> <p>Mmw: Masa total del conjunto matraz – agua – muestra (g.)</p> <p>B: Masa de la muestra saturada con superficie seca (g.)</p>

PASO	DESCRIPCIÓN
Determinación de la gravedad específica Bulk	<p>Para este paso se recurrirá a la expresión siguiente:</p> $Ge = \frac{A}{500 - Ma}$ <p>En donde: Ge: Gravedad específica Bulk A: Masa de la segunda muestra (g.)</p>
Determinación de la gravedad específica saturada con superficie seca	<p>Este parámetro se lo obtendrá con la siguiente relación:</p> $Ges = \frac{B}{500 - Ma}$ <p>En donde: Ges: Gravedad específica del agregado saturado con superficie seca.</p>
Determinación de la gravedad específica aparente	<p>Para obtener este parámetro se recurrirá a la expresión siguiente:</p> $Gea = \frac{A}{500 + A + Mm - Mmw}$
Determinación del porcentaje de absorción	<p>Este último parámetro se lo obtendrá por medio de la expresión:</p> $Ab = \frac{B - A}{A} * 100$

Tabla 23.- Proceso de ensayo para la obtención del peso específico y capacidad de absorción del agregado fino por la normativa INEN 0858.

Fuente: Darío Tumbaco

### 3.4. Ensayo de peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso

Los pasos a seguirse de acuerdo a lo estipulado por la Norma Técnica INEN 0858 se esquematizan en el cuadro sinóptico que se expone a continuación:

PASO	DESCRIPCIÓN
Preparado y lavado de la muestra	Se toma una muestra de material granular de aproximadamente 5,0 Kg de masa siendo su tamaño tal de que todas las partículas puedan ser retenidas en el tamiz N <sub>o</sub> 4. Una vez seleccionada la muestra se procederá a su lavado hasta que quede libre de impurezas
Secado de la muestra	Se pondrá a secar la muestra en el horno a una temperatura constante comprendida entre los 100 a los 110° C por un lapso de 24 horas.

<b>PASO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Humedecido de la muestra	Una vez que se ha cumplido con el proceso de secado de la muestra, se procede a sacarla del horno y se la sumerge en un recipiente con agua durante otras 24 horas.
Secado superficial de la muestra	Se saca la muestra sumergida del recipiente y se procede a secarla con una franela limpia con el objeto de eliminar las películas de agua superficiales.
Pesaje de la muestra	Luego de que se ha secado la superficie de la muestra, se procederá a determinar su masa en la balanza de laboratorio.
Determinación de la masa aparente o sumergida	Una vez que se ha determinado la masa de la muestra saturada con superficie seca, se la coloca en un cesto de alambre para posteriormente sumergir el conjunto en agua y pesarlo siendo este valor el correspondiente a la masa aparente o sumergida.
Segundo secado de la muestra	Se saca la muestra del cesto y se la coloca nuevamente en el horno a una temperatura constante comprendida entre los 105 a los 115°C durante 24 horas.
Determinación de la masa de la muestra seca	Luego de cumplido el período de secado se saca la muestra del horno y se la deja enfriar por cerca de una hora y se procede a determinar su masa seca.
Determinación de la gravedad específica Bulk	<p>Para determinar este parámetro se recurre a la expresión:</p> $Ge = \frac{A}{B-C}$ <p>Siendo:</p> <p>Ge: Gravedad específica Bulk</p> <p>A: Masa de la muestra en estado seco (gr.)</p> <p>B: Masa de la muestra en estado saturado con superficie seca (gr.)</p> <p>C: Masa de la muestra en estado sumergido en agua (gr.)</p>
Determinación de la gravedad específica saturada con superficie seca	<p>Se lo determina de acuerdo a la expresión:</p> $Ges = \frac{B}{B-C}$

PASO	DESCRIPCIÓN
Determinación de la gravedad específica aparente	Este parámetro se lo determina por medio de la expresión: $G_{ea} = \frac{A}{A-C}$
Determinación del porcentaje de absorción	Este valor se lo determina de acuerdo a la siguiente expresión: $\% Ab = \frac{S-A}{A} * 100$ Siendo: S: Masa de la muestra saturada con superficie seca (gr.)

Tabla 24.- Proceso de ensayo para la obtención del peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso bajo la normativa INEN 0858

Fuente: Darío Tumbaco

### 3.5. Ensayo de peso unitario

Se define como peso unitario a la relación existente entre el peso de un agregado y su volumen unitario. Según la NTE INEN 0858, el peso unitario de un agregado viene siendo el peso de una unidad de volumen correspondiente al árido total en donde se encuentra incluido el volumen de las partículas individuales junto con el volumen de los vacíos entre las partículas en Kg/m<sup>3</sup>. (Albán & Utreras, 2020, pág. 40)

De acuerdo a lo estipulado en la Norma Técnica INEN 0858, existen dos procedimientos de ensayo: Por varillado y sacudidas. El procedimiento por varillado se lo aplica para los materiales granulares con un tamaño máximo nominal de 40 mm o menores a este, mientras que el procedimiento por sacudida se lo aplica para los materiales granulares de tamaño máximo nominal comprendido entre 40 a 100 mm. Una vez explicado esto, se procederá a describir ambos procedimientos:

#### 3.5.1. Procedimiento por varillado

PASO	DESCRIPCIÓN
Colocación y nivelación del material	Se coloca el material granular hasta un tercio de la altura del recipiente y se nivela la superficie con los dedos.

Primera compactación	Con la barra de compactación se compactará la superficie con 25 golpes, los mismos que serán distribuidos de manera uniforme a lo largo de toda la superficie.
PASO	DESCRIPCIÓN
Segunda compactación	Una vez que se ha cumplido con el paso anterior, se colocará material hasta llenar la altura restante (dos tercios) y se volverá a nivelar la superficie con los dedos. Se procederá a compactar evitando que la barra llegue a la cara del material anteriormente compactado.
Enrazamiento de la superficie	Luego de haberse cumplido con los pasos anteriores, se enrasará la superficie expuesta con una varilla simple

Tabla 25.- Procedimiento por varillado para determinar la capacidad de absorción del agregado grueso por la normativa INEN 0858.

Fuente: Darío Tumbaco

### 3.5.2. Procedimiento por sacudidas

PASO	DESCRIPCIÓN
Colocación y nivelación del material	Ídem para procedimiento por varillado.
Primera sacudida	Se sacude el material sobre una superficie estable y firme que no presente irregularidades en su área. La altura de sacudida será de aproximadamente 50 mm a ras del suelo. Esta operación se repetirá un total de 25 veces por cada lado con la finalidad de que las partículas puedan acomodarse entre sí por medio de la vibración del impacto del molde con el suelo.
Segunda sacudida	Se llena hasta el tercio de altura restante del molde y se repite la operación descrita en el paso anterior.
Enrazamiento	Ídem para el procedimiento por varillado.

Tabla 26.- Procedimiento por sacudidas para determinar la capacidad de absorción del agregado grueso por la normativa INEN 0858

Fuente: Darío Tumbaco

### 3.5.3. Determinación de los valores de peso unitario suelto y compactado

Una vez que se han efectuado los ensayos experimentales descritos en los numerales anteriores de acuerdo al tipo de material granular, se procederá a determinar los respectivos valores de peso unitario suelto y compactado como se sintetiza a continuación:

MATERIAL	PESO UNITARIO
Material suelto	$MS = A - P$ <p>Siendo:  <i>MS</i>: Masa del material suelto (Kg)  <i>A</i>: Masa del molde + masa de material suelto (Kg)  <i>P</i>: Masa del molde (Kg)</p> $\rightarrow P_{us} = \frac{MS}{V}$ <p>Siendo:  <i>P<sub>us</sub></i>: Peso unitario suelto (Kg/m<sup>3</sup>)  <i>V</i>: Volumen del molde (m<sup>3</sup>)</p>
Material compactado	$MC = B - P$ <p>Siendo:  <i>MC</i>: Masa del material compactado (Kg)  <i>B</i>: Masa del molde + masa del material compactado (Kg)  <i>P</i>: Masa del molde (Kg)</p> $\rightarrow P_{uc} = \frac{MC}{V}$ <p>Siendo:  <i>P<sub>uc</sub></i>: Peso unitario compactado (Kg/m<sup>3</sup>)  <i>V</i>: Volumen del molde (m<sup>3</sup>)</p>

Tabla 27.- Determinación del valor del peso unitario para material granular compactado y suelto.

Elaborado por: Darío Tumbaco

### 3.6. Ensayo de abrasión

Este ensayo se lo realiza con la finalidad de evaluar el índice de desgaste del agregado grueso, el mismo que se estará en función del tamaño máximo nominal del material pétreo que va en el orden 19 mm (3/4") hasta 37,5 mm ( 1 ½ "). (Albán & Utreras, 2020, pág. 51)

El objetivo esencial de este ensayo se centrará en averiguar el índice de pérdida de masa de los agregados con gradación normalizada a consecuencia de un conjunto de tres acciones de carácter mecánico: abrasión (o desgaste), impacto y molienda. Dicho conjunto de acciones tendrá lugar en un tambor de acero giratorio en donde por medio de una docena de cuerpos de acero de forma esférica se producirán los fenómenos mecánicos. A medida que el tambor va girando, tanto la muestra como los cuerpos esféricos van siendo recolectados siendo posteriormente elevados hasta llegar a producirse su caída en el extremo opuesto del tambor produciéndose así los fenómenos de impacto y trituración. El proceso continúa con las sucesivas acciones de giro y molido en una determinada cantidad de revoluciones teniendo así una serie de ciclos de ensayo, una vez que se ha cumplido el proceso cíclico del fenómeno abrasivo, se retirará el material ensayado para proceder a su respectiva tamización de donde se determinará la degradación por medio del porcentaje de pérdida. (Albán & Utreras, 2020, pág. 52)

Para la realización de este ensayo es necesario que la muestra a ser empleada en el mismo se encuentre dentro de una de las gradaciones estipuladas por la Norma Técnica INEN 368, y que se exponen en la tabla 28:

TAMAÑO DE LAS ABERTURAS CUADRADAS DE TAMIZ (mm)		MASA POR TAMAÑOS INDICADA (gr.)			
PASANTE DE	RETENIDO EN	GRADACIÓN			
		A	B	C	D
37,5	25,0	1250 +/- 25	-	-	-
25,0	19,0	1250 +/- 25	-	-	-
19,0	12,5	1250 +/- 10	2500+/-10	-	-
12,5	9,5	1250 +/- 10	2500+/-10	-	-
9,5	6,3	-	-	2500+/-10	-
6,3	4,75	-	-	2500+/-10	-
4,75	2,36	-	-	-	5000+/-10
<b>TOTAL</b>		5000+/-10	5000+/-10	5000+/-10	5000+/-10

Tabla 28.- Gradaciones para las muestras a ensayar.

Fuente: (Albán & Utreras, 2020, pág. 53)

Así mismo, se requiere un cierto número de cuerpos esféricos para poder efectuar el ensayo abrasivo de acuerdo con la gradación correspondiente, tal como se expone en la tabla que se muestra a continuación:

GRADACIÓN	NÚMERO DE CUERPOS ESFÉRICOS	MASA DE LA CARGA (gr.)
A	12	5000+/-25
B	11	4584+/-25
C	8	3333+/-25
D	6	2500+/-25

Tabla 29.- Masas esféricas necesarias para los ensayos de abrasión.

Fuente: (Albán & Utreras, 2020, pág. 53)

Una máquina de los ángeles genérica tiene la geometría que se expone en el diagrama representado en la figura 6:

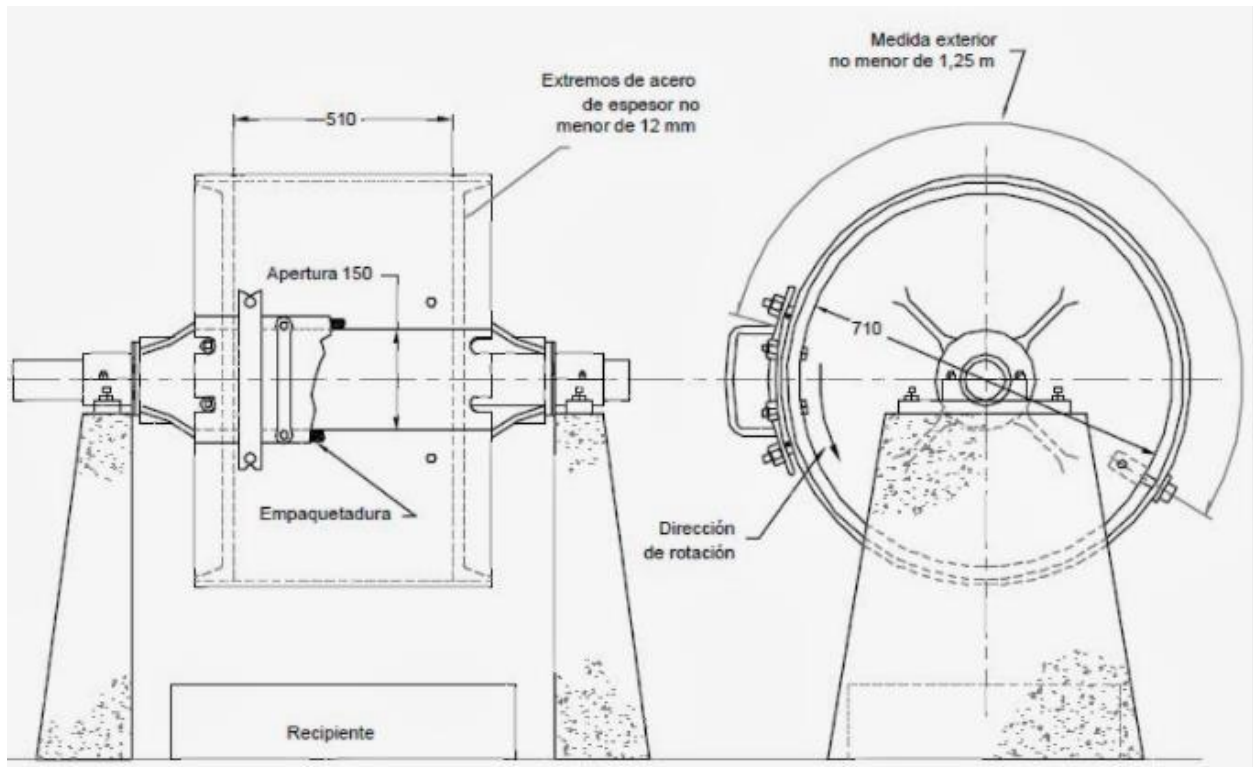


Figura 6.- Esquema genérico de una máquina de los ángeles.

Fuente: (Sánchez Viuche, 2014, pág. 8)

El procedimiento del presente ensayo se lo sintetiza a continuación:

PASO	DESCRIPCIÓN
Determinación de la gradación de la muestra	De acuerdo a la gradación obtenida en base a las condiciones expuestas en la tabla 28, se determinará el número de cuerpos esféricos tal como lo estipula la tabla 29.
Lavado y secado de la muestra	Se lava la muestra de ensayo hasta que quede libre de impurezas y luego se la ingresará en el horno de secado para que durante un período de 24 horas pueda secarse en lo absoluto en un rango de temperatura que oscile entre los 100 a 110°C.
Colocación de las muestras y calibrado de la máquina	Luego de que la muestra se haya secado, se la colocará junto con los cuerpos esféricos asignados en base a su gradación, una vez efectuado esto se calibrará la máquina con un determinado número de revoluciones (500) para que de esta forma pueda detenerse de forma automática al finalizar las acciones. La velocidad rotatoria de la máquina estará entre 30 a 33 RPM.
Tamizado, lavado y secado de la muestra	Una vez que han cesado las acciones abrasivas se sacará la muestra de la máquina y se la colocará en el tamiz N.-12 para posteriormente ser lavada y secada nuevamente en el horno a 105+/-5°C en un lapso de 24 horas y luego de ello se determinará la masa de material seco retenido en el tamiz N.- 12 (1,7 mm).
Determinación del coeficiente de abrasión o desgaste de la muestra	<p>Se lo obtendrá de acuerdo a los siguientes parámetros:</p> $C = A - B$ <p>Donde:</p> <p>C: Masa de material que pasa el tamiz N.- 12 (gr.)</p> <p>A: Masa inicial de la muestra (gr.)</p> <p>B: Masa de material retenido en el tamiz N.- 12 (gr.)</p> $\rightarrow \% Ab = \frac{C}{A} * 100$ <p>Siendo % Ab el porcentaje de desgaste del material ensayado.</p>

Tabla 30.- Procedimiento del ensayo de abrasión.

## CAPITULO IV

### EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y COSTOS DE PRODUCCIÓN

#### 4.1. Diseño del bloque convencional

##### 4.1.1. Determinación de las dimensiones

Los bloques a diseñarse serán de tipo B, correspondientes a paredes exteriores de carga sin revestimiento.

Las dimensiones del bloque escogido serán las siguientes:

<b>DIMENSIÓN</b>	<b>MEDIDA (cm.)</b>
LARGO	40,0
ANCHO	30,0
ALTO	20,0

Tabla 31.- Dimensiones de los bloques a fabricarse.

Elaborado por: Darío Tumbaco

##### 4.1.2. Materiales a emplearse en la fabricación de los bloques

**Cemento.** - El cemento a ser utilizado en la elaboración de los bloques de prueba será de marca ARMADURO, cuyas características se enunciarán a continuación:

- Es un cemento Portland puzolánico de tipo IP siendo este un producto diseñado especialmente para la elaboración de todo tipo de materiales prefabricados de hormigón.
- Este producto cumple con las especificaciones reglamentarias impuestas en la NTE INEN 490 y ASTM C 595.
- Su proceso de fabricación está bajo control de un sistema de gestión de calidad implantado en la planta industrial que lo elabora.
- Este producto cuenta con Certificado de Conformidad con Sello de Calidad INEN.
- Cuenta con Licencia Ambiental otorgada por el Ministerio del Ambiente. (UNACEM, 2018, pág. 1)

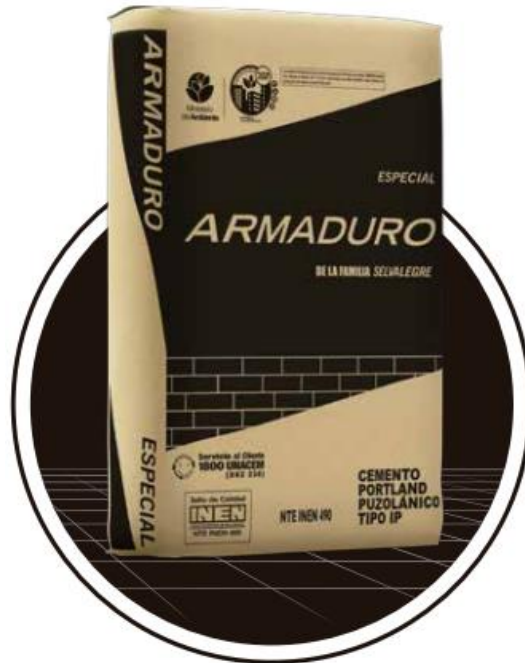


Figura 7.- Cemento ARMADURO. Producto a emplearse en la elaboración de los bloques de muestra.

Fuente: (UNACEM, 2018, pág. 2)

Los requisitos físicos químicos que reúne este producto son los que se exponen a continuación:

PARÁMETRO	INEN 490	CEMENTO ARMADURO
Expansión	$\leq 0,8 \%$	0,04%
Fraguado inicial	$45 \leq T \leq 420$ min.	120 min.
Contenido de aire	$\leq 12,0 \%$	4,50 %

Tabla 32.- Requisitos físicos del cemento ARMADURO.

Fuente: (UNACEM, 2018, pág. 1)

PARÁMETRO	INEN 490	CEMENTO ARMADURO
Contenido de Magnesio (MgO)	$\leq 6,0 \%$	2,3 %
Contenido de Sulfatos (SO <sub>3</sub> )	$\leq 4,0 \%$	2,4 %
Pérdida por calcinación	$\leq 5,0 \%$	1,4 %

Tabla 33.- Requisitos químicos del cemento ARMADURO.

Fuente: (UNACEM, 2018, pág. 1)

Las principales características mecánicas de este producto son las siguientes:

- Bajo condiciones normales el hormigón fabricado con este producto podrá adquirir resistencias a la compresión entre los 50 a los 60 Mpa a los 28 días.
- Con este material es posible elaborar elementos prefabricados en menor tiempo debido a que desarrolla una lata resistencia inicial.
- Debido a su composición química es posible optimizar la productividad en la construcción.
- Con este material cementante es posible elaborar hormigones estructurales para usos especiales. (UNACEM, 2018, pág. 2)

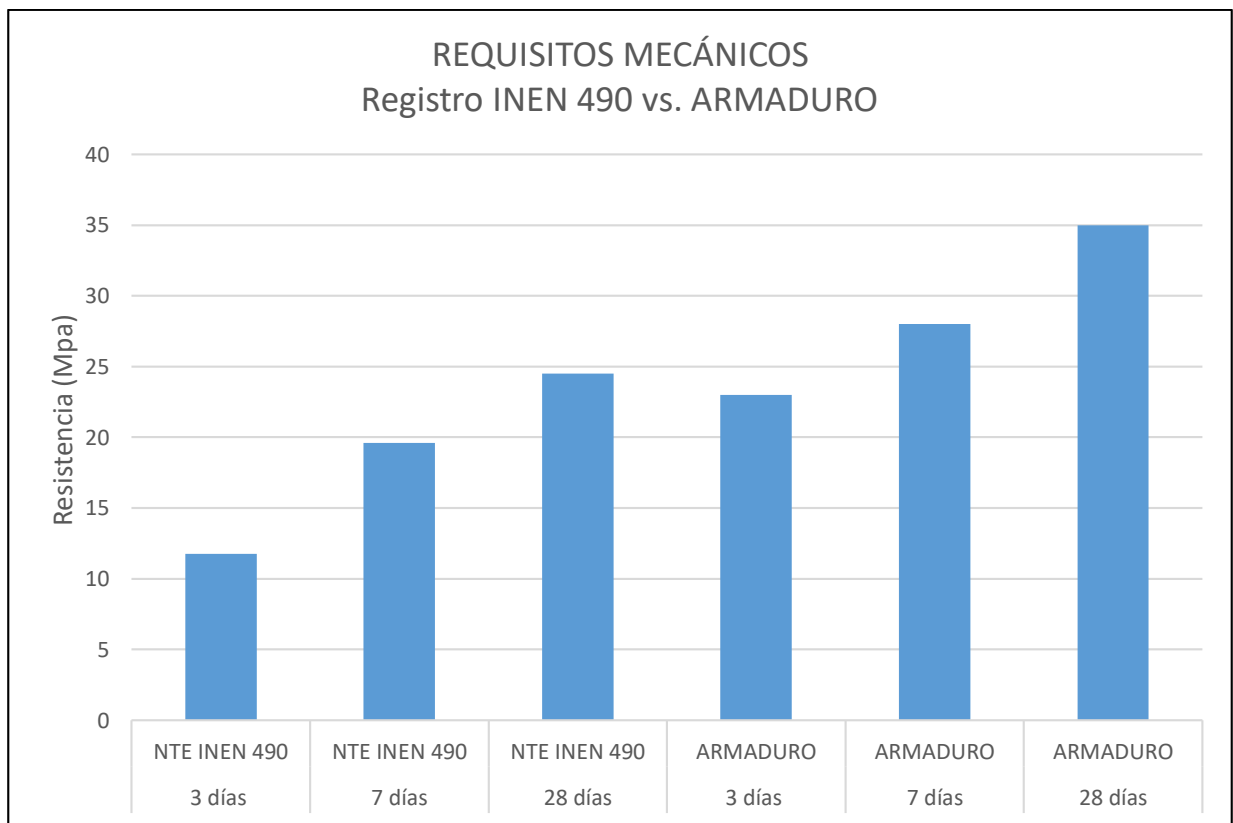


Tabla 34.- Comparación entre las resistencias desarrolladas entre el cemento ARMADURO y otro cemento con NTE INEN 490.

Fuente: (UNACEM, 2018, pág. 1)

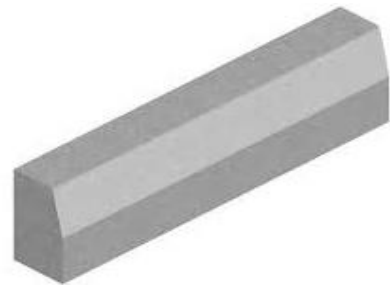
Entre las principales aplicaciones que se le puede dar a este material está las siguientes:



ADOQUINES



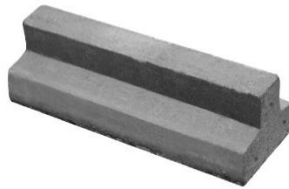
BLOQUES



BORDILLOS



POSTES



VIGUETAS



TUBOS

Figura 8.- Principales aplicaciones de material que puede ser elaborado con cemento ARMADURO

Fuente: Darío Tumbaco

Para su correcto almacenamiento y embolegaje se recomienda seguir las siguientes indicaciones:

- Evitar el contacto directo de los sacos de cemento con el suelo.
- Evitar el contacto de los sacos con las paredes perimetrales del sitio donde serán embolegados.
- En lugares situados en climas húmedos, se debe de asegurar una ventilación apropiada para de este modo preservar el material a una temperatura que no afecte su composición y por ende sus propiedades.
- Procurar que el almacenamiento no sobrepase los sesenta días. (UNACEM, 2018, pág. 1)

Para tener un óptimo desempeño en la fabricación de los elementos es aconsejable seguir los siguientes pasos:

- Realizar una corrección periódica de las proporciones de las mezclas para que de esta forma la relación agua/cemento se mantenga constante.
- Las dosificaciones de hormigón a usarse deberán de ser diseñadas adecuada y técnicamente.

- El proceso de curado deberá de iniciarse lo más inmediatamente posible evitando el fenómeno de desecación.

**Áridos.** - Los agregados a usarse en la fabricación de los bloques convencionales de prueba, serán materiales provenientes de la mina “Niña Michel 1 San Agustín”, yacimiento cercano a la parroquia de Guaycatama. Este material deberá de cumplir con lo dispuesto en la NTE INEN 0872 además de cumplir con los requerimientos establecidos en el diseño de mezcla. Luego de efectuado el ensayo de granulometría deberá de realizarse la curva, la misma que permitirá determinar la tendencia de los tamaños de las partículas. Al mismo tiempo se determinará el módulo de finura de las partículas de agregado fino junto con el tamaño nominal del agregado grueso.

#### **4.1.3. Proceso de vibro compactación**

Para esta operación se utilizará una máquina vibro compactadora como la que se muestra en la figura 10. Esta maquinaria viene equipada con un molde de las dimensiones de la pieza que irá a ser fabricada teniendo por lo general una capacidad de producción de cinco bloques por ciclo de vibrado.



Figura 9.- Esquema de máquina vibro compactadora.

Fuente: Darío Tumbaco.

El proceso de fabricación de bloques se lo puede sintetizar de acuerdo al resumen que se expone en el siguiente cuadro sinóptico:

PROCESO	DESCRIPCIÓN
Colocación de bases	Se coloca inicialmente un tablero de madera y a continuación se coloca una plancha de caucho ranurado bajo el molde de la máquina.
Encendido de la máquina y llenado de los moldes	Una vez que se han colocado las bases se procederá a efectuar el encendido del motor de la máquina realizándose de manera simultánea el llenado del molde con la mezcla de hormigón. El exceso de mezcla se lo removerá con ayuda del barredor manual, el mismo que se encuentra situado en la parte superior de la máquina.
Vibrado de los moldes	En esta fase se aplica energía vibratoria a la mezcla fresca con la finalidad de que esta pueda compactarse y así poder ser fácilmente distribuida en todos y cada uno de los moldes. El proceso de vibrado tendrá una duración de tres minutos.
Desmoldado y transportado	Una vez que se ha cumplido con el proceso de vibrado se procederá con el desmolde de la mezcla. En esta fase se manipulará el barredor manual de forma tal que pueda ser subido el molde y así entrará en contacto con la prensa posibilitando así que los moldes descendan al tablero de madera, luego de que esto haya ocurrido se transportará el tablero en coche hacia la zona de secado.

Tabla 35.- Síntesis del proceso de fabricación de bloques.

Elaborado por: Darío Tumbaco



Figura 10.- Distintas fases del proceso de fabricación de bloques.

Fuente: Darío Tumbaco

#### 4.1.4. Moldeo de probetas de ensayo

Las probetas de ensayo tienen el objetivo de determinar las propiedades mecánicas del hormigón (compresión, tracción y flexión). Estas tienen que ser cilindros moldeados y fraguados en posición vertical siendo su longitud equivalente al doble del diámetro, por lo tanto, las dimensiones de las probetas de ensayo son de 100 mm de diámetro por 200 mm de alto. El apisonamiento de acuerdo a la norma ASTM C-31 se lo lleva a cabo con una barra de 10 mm de diámetro y 30 cm de longitud teniendo su extremo la forma de semiesfera, así pues, se aplicará un número de 25 golpes por capa tratando en lo posible de mantener la presión uniforme en la totalidad de la sección transversal del molde y en un par de capas de similar altura. (Zambrano, 2016, pág. 51). En lo referente a las probetas para determinar la resistencia a la flexión, estas son vigas cuya relación entre el ancho y el alto deberá tener un máximo de 1,5, por lo tanto, para el presente caso la sección será cuadrada con una dimensión de 15,0 cm con una longitud de 55, 0 cm de luz. El proceso de moldeo de las probetas se lo sintetiza en el cuadro siguiente:

PROCESO	DESCRIPCIÓN
Apisonamiento	Con la barra anteriormente descrita se aplicará un total de 25 golpes por capa, con ello se procurará lograr una presión uniforme en la totalidad de la sección transversal del molde en un par de capas de altura común.
Eliminación de burbujas de aire	Luego de que las dos capas hayan sido debidamente apisonadas, se golpeará ligeramente con un mazo de caucho el exterior de molde un total de diez veces con la finalidad de eliminar las burbujas de aire atrapado que no se hayan podido reventar durante el proceso de apisonamiento.
Vertido y moldeado	Una vez que se han eliminado las burbujas de aire, los moldes o cofres se lubricarán en la totalidad de su superficie interior con la finalidad de evitar que el concreto una vez fraguado se adhieran a los mismos. Antes del vertido se asegurarán debidamente las placas de los moldes para evitar la fuga de mezcla.
Desencofrado de los moldes	Luego de media hora se procederá a desencofrar los especímenes para de esta forma lograr un comportamiento mecánico análogo al de los bloques fabricados.

Tabla 36.- Síntesis del proceso de moldeo de probetas de ensayo.

#### 4.1.5. Curado de bloques y probetas de ensayo

Al igual que en el proceso de moldeo de las probetas de ensayo, la fase de curado se la sintetizará a continuación:

PROCESO	DESCRIPCIÓN
Curado de los bloques	Luego de haberse fabricado los bloques, estos se sacarán y colocarán en un espacio amplio en donde se los regará a las 24 horas de su fabricación por medio de un aspersor adaptado a la manguera en el transcurso de cinco días por una vez en cada uno evitando de que se produzcan sequedades en los bordes para lo cual se los procederá a cubrir con láminas plásticas de color negro. Los bloques se colocaran por hileras dejando una separación horizontal entre ellas con la finalidad de que la humedad se distribuya adecuadamente por todos los lados de las piezas.
Curado de las probetas	Para los especímenes cilíndricos y prismáticos, el procedimiento de curado se lo aplicará en un lapso de 24 horas posteriores a su elaboración. Las probetas deberán de ser protegidas de los efectos generados en el ambiente exterior de forma similar a los bloques. Para las vigas de prueba, estas deberán de ser sumergidas en agua a una temperatura que oscile entre los 23 a los 25°C por un lapso de tiempo correspondiente a 24 horas anteriores al ensayo con el objeto de crear condiciones uniformes de humedad de probeta a probeta.

Tabla 37.- Síntesis del proceso de curado de bloques y probetas.

Elaborado por: Darío Tumbaco



Figura 11.- Bloques y probetas de ensayo.

## 4.2. Evaluación del bloque convencional

### 4.2.1. Determinación de las dimensiones

El procedimiento de las dimensiones se lo sintetizará en el cuadro sinóptico siguiente:

PASO	DESCRIPCIÓN
Selección de bloques e instrumentos de medida	En este paso se seleccionarán tres unidades enteras, empleándose los siguientes instrumentos de medición: Flexómetro graduado con divisiones de 1 mm y calibrador digital de 0,13 mm de apreciación.
Medición de las dimensiones	De acuerdo a lo estipulado por la NTE INEN 3066 en cada pieza se tomarán las dimensiones como a continuación se indica: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Longitud:</b> Esta dimensión se la medirá a lo largo del centro de la altura de cada una de las caras.</li> <li>• <b>Ancho:</b> Esta dimensión se la determinará en el centro del largo de la pieza y en las superficies de carga tanto superior como inferior.</li> <li>• <b>Altura:</b> Esta dimensión será medida en el centro del largo de la pieza en cada una de las dos paredes.</li> </ul>
Medición de los espesores	• <b>Espesor de la cara (Ep) y espesor del tabique (Et):</b> Ambas dimensiones se las determina en el punto más delgado de la unidad y a 12 mm por debajo de la superficie superior de la unidad (ver figura 12).
Determinación del espesor equivalente	Se define a espesor equivalente como el grosor promedio de material sólido presente en la pieza. El espesor equivalente se lo obtiene matemáticamente de acuerdo a la expresión siguiente: $Ee = \frac{Vn}{LXH}$ Siendo: <i>Ee</i> : Espesor equivalente de la pieza. (mm.) <i>Vn</i> : Volumen neto promedio. (mm <sup>3</sup> .) <i>L</i> : Longitud promedio de las unidades enteras. (mm.) <i>H</i> : Altura promedio de las unidades enteras. (mm.)

Tabla 38.- Síntesis del proceso de determinación de las dimensiones de los bloques de prueba.

Elaborado por: Darío Tumbaco

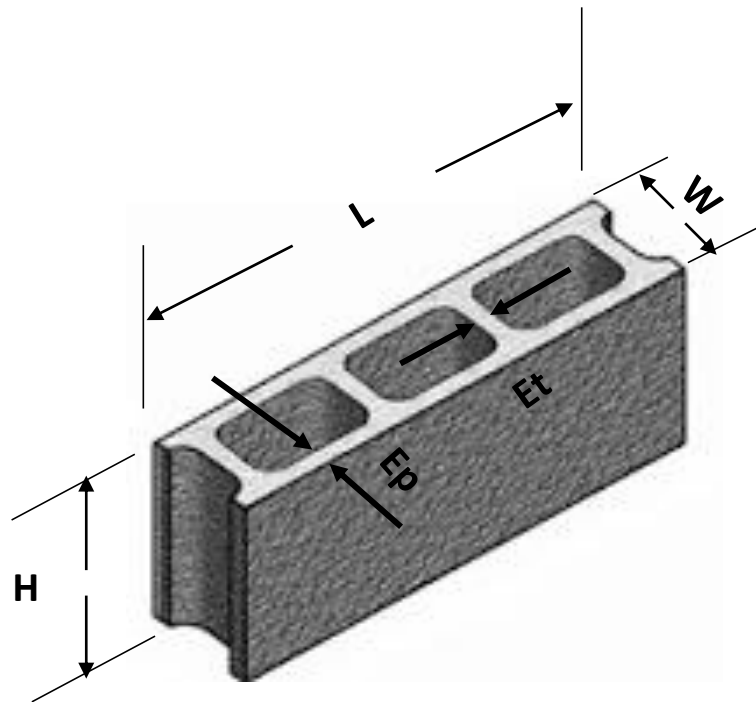


Figura 12.- Dimensiones genéricas de un bloque hueco de hormigón.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.2.2. Ensayo de absorción de agua

Este parámetro se lo determina de acuerdo a lo estipulado por la NTE INEN 639 teniendo que ser su valor de cuanto más el 15%. Para la realización de este ensayo se tomará una muestra de tres unidades. El ensayo se lo sintetiza a continuación:

PASO	DESCRIPCIÓN
Sumergido y pesaje	Se sumergirá a las piezas en la piscina del laboratorio en un lapso de 24 a 28 horas a una temperatura entre 16 a 27 ° C. Una vez transcurrido el referido período se procederá a determinar su peso suspendiendo a las piezas de un alambre mientras se encuentran sumergidas en el agua dejando pasar un tiempo prudente hasta que se establezca la lectura de la balanza.
Emergido y nuevo pesaje	Luego de cumplido el paso anterior, se sacarán las piezas del agua y posteriormente se las dejará escurrir por un minuto, el exceso de agua se lo retirará con un paño húmedo. Una vez hecho esto se volverán a pesar las muestras siendo su valor el equivalente al del peso saturado.

PASO	DESCRIPCIÓN
Secado y pesaje final	Una vez que se han pesado las muestras emergidas, se las llevará al horno de secado donde permanecerán por espacio de 24 horas a una temperatura de 100°C. Una vez cumplido con este paso, se sacarán las muestras del horno y se las volverá a pesar hasta que dos pesadas consecutivas realizadas en un lapso de dos horas no disminuyan en más del 0,2% respecto de la última medida.
Determinación del porcentaje de absorción y contenido de humedad	<p>El porcentaje de absorción del bloque se lo expresará en porcentaje del peso seco por medio de la siguiente expresión:</p> $\% \text{ Absorción} = \frac{MS - Md}{Md} \times 100$ <p>Siendo:</p> <p>Ms: Masa de la muestra saturada (Kg)</p> <p>Md: Masa de la muestra seca al horno (Kg)</p> <p>El contenido de humedad se lo determina de acuerdo a la siguiente expresión:</p> $\% \text{ Humedad} = \frac{Mr - Md}{Ms - Md} \times 100$ <p>Siendo:</p> <p>Mr = Masa de la unidad tal como se la recibe (Kg.)</p>
Determinación de la densidad	<p>Para cumplir con este paso se efectúa el ensayo con tres unidades, y para determinar su valor numérico se recurrirá a la siguiente expresión:</p> $\rho = \frac{Md}{Ms - Mi} \times 100$ <p>Siendo:</p> <p>Md: Masa del espécimen seco al horno (Kg)</p> <p>Ms: Masa del espécimen saturado (Kg)</p> <p>Mi: Masa del espécimen sumergido (Kg)</p>

Tabla 39.- Síntesis del proceso del ensayo de absorción del agua.

Elaborado por: Darío Tumbaco

### 4.2.3. Ensayo de determinación de las propiedades mecánicas

#### 4.2.3.1. Ensayo de resistencia a los esfuerzos de compresión

Este ensayo se efectuará de acuerdo a lo estipulado en la NTE INEN 3066 la cual está especificada para el ensayo en bloques huecos de hormigón, no obstante, esta normativa no es aplicable para el caso de bloques reforzados con fibras especiales, en este caso la fibra de cabuya. De acuerdo a la referida normativa, de un conjunto de quince bloques fabricados se seleccionarán al azar tres muestras, el proceso de ensayo se lo sintetizará a continuación:

PASO	DESCRIPCIÓN
Colocación de las muestras en la prensa hidráulica	Para este ensayo se utilizará una prensa hidráulica semi automática modelo UH – F500Knx. Las piezas serán colocadas alineando los centroides de las superficies de soporte en sentido vertical con el centro de aplicación de la carga para de este modo alinear las placas y puedan de esta forma distribuir adecuadamente la carga.
Disposición de las caras de las muestras	Los especímenes serán ensayados con sus celdas tanto en posición horizontal como vertical, o sea, las posiciones que puedan adquirir durante el servicio. Las caras deberán estar completamente secas en todos los ángulos visibles de la pieza.
Aplicación de la carga de compresión	Una vez colocados los bloques en la máquina de ensayo, se aplicará la carga de forma gradual a velocidad constante hasta que la falla del bloque sea inminente. Una vez que el espécimen ha fallado, se registrará la carga máxima de compresión
Determinación de la resistencia a la compresión	Se la determinará en base a dos áreas: el área neta y el área bruta, siendo el área neta el área total menos los huecos del bloque como se muestra en la figura 12:

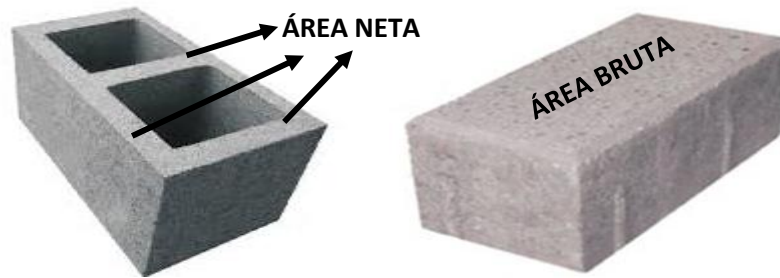


Figura 13.- Área neta y área bruta de un bloque.

Entonces, la resistencia a la compresión para las dos áreas se determina:

$$\text{Resistencia compresión área neta} = \frac{P.MÁX.}{A,NETA}$$

$$\text{Resistencia compresión área bruta} = \frac{P.MÁX.}{A,BRUTA}$$

Siendo:

P. Máx.: Carga máxima de compresión (N.)

A. Neta: Área neta de la muestra (mm<sup>2</sup>.)

A. Bruta: Área bruta de la muestra (mm<sup>2</sup>.)

Tabla 40.- Síntesis del proceso de ensayo de resistencia a los esfuerzos de compresión.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.2.3.2. Ensayo de resistencia al impacto del hormigón

Previa la explicación de este método es necesario indicar que el mismo si bien no ayuda a determinar la característica básica del material, en cambio posibilitará la obtención de valores comparativos entre el hormigón reforzado con fibra de cabuya y el hormigón convencional. El proceso del ensayo se lo sintetizará a continuación:

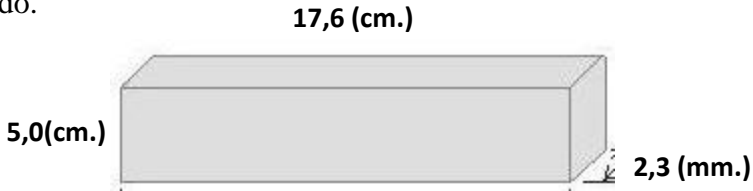
PASO	DESCRIPCIÓN
Preparación de las probetas	<p>A partir de los bloques de hormigón anteriormente fabricados, de sus paredes se cortarán con una amoladora de disco de diamante probetas de las siguientes dimensiones: 17,6 (cm) de largo, 5,0 (cm) de ancho y 2,3 (mm) de espesor como se indica en el esquema de la figura 16, se toma la probeta del bloque a fin de que el hormigón tenga similares características al bloque en cuanto al prensado.</p> <div style="text-align: center;">  <p>17,6 (cm.)</p> <p>5,0(cm.)</p> <p>2,3 (mm.)</p> </div> <p>Figura 14.- Probeta genérica de ensayo al impacto.</p>
Aplicación de la carga de impacto	<p>Una vez obtenidas las probetas, estas se asentarán sobre un soporte de madera de forma circular de 2,5 (cm) de espesor y que estará delimitado por clavos en los centros de los cuatro lados (de la probeta). La carga de impacto será aplicada con un peso de acero de forma esférica de 65 gr y 2,5 cm de diámetro. A través de un tubo de cartón, el mismo que se lo alinea con el centro de la cara superior de la probeta, se dejará caer el cuerpo esférico desde una altura de 50 cm.</p>
Determinación de la resistencia al impacto	<p>Este parámetro se lo determinará mediante el número de golpes, el mismo que se lo sub dividirá en dos tipos de resistencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la primera fisura, misma que se la determinará en base al número de golpes necesarios para que esta llegue a formarse.</li> <li>• Resistencia de rotura, que se la determinará de acuerdo al número de golpes necesarios para que la probeta colapse.</li> </ul>

Tabla 41.- Síntesis del proceso de ensayo de resistencia al impacto del hormigón.

#### 4.2.3.3. Ensayo de resistencia a la flexión del hormigón

De acuerdo a lo estipulado por la NTE INEN 2544:2011, este ensayo se lo efectuará mediante una probeta en forma de viga la misma que deberá de apoyarse en los extremos siendo cargada en los tercios de la luz libre. Las probetas serán ensayadas en el menor tiempo posible luego de ser sacadas de la cámara de humedad, puesto que, según estudios, las muestras con superficie seca reducen significativamente su resistencia a la flexión. El método a seguirse en el ensayo se lo sintetizará a continuación:

PASO	DESCRIPCIÓN
Preparación de la viga de ensayo	El equipo empleado para este ensayo será una prensa semi automática modelo UH-F500kNX. Se ensayarán dos probetas del hormigón fabricado luego de 28 días de elaborado. Se marcarán las vigas en sentido perpendicular a su eje longitudinal desde una distancia de 25 mm a partir de sus bordes una distancia de un tercio de la luz libre a partir del apoyo en donde se aplicarán las cargas.
Aplicación de las cargas de ensayo	Una vez que se ha colocado la vigueta debidamente en la prensa semi automática, esta se le hará rotar en ángulo recto con respecto a la posición de elaboración, luego de que se haya cumplido con este paso se procederá a aplicar las cargas al espécimen a velocidad constante hasta que llegue a su estado de falla.
Determinación del módulo de rotura	<p>Una vez que el espécimen haya colapsado por acción de las cargas aplicadas, se tomarán las correspondientes dimensiones de una de las caras fracturadas, preferiblemente la inferior que resulta la más afectada debido a que la falla es por tensión. Las medidas serán tomadas en cada uno de los extremos y el centro de la sección transversal. El valor numérico del módulo de rotura se lo determinará de acuerdo a dos casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La rotura se produce en el área de tracción fuera del tercio medio de la luz libre, pero sin excederse del 5,0% de ella. Para este caso, el módulo de rotura se lo determina de acuerdo a la siguiente expresión:</li> </ul> $R = \frac{3XaXP}{bXd^2}$

	<p>Siendo:</p> <p><i>a</i>: Distancia media existente entre la línea de quiebre y el apoyo más cercano medido en el área de tracción de la viga (mm.)</p> <p><i>P</i>: Carga máxima aplicada por la prensa de ensayo (N)</p> <p><i>b</i>: Promedio del ancho del espécimen en la fractura (mm.)</p> <p><i>d</i>: Promedio de la altura del espécimen de la fractura (mm.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La rotura se produce en el tercio medio de la luz libre. Para este caso, el valor numérico del módulo de rotura se lo determina de acuerdo a la expresión siguiente:</li> </ul> $R = \frac{PXL}{bXd^2}$ <p>Siendo:</p> <p><i>L</i>: Luz libre o distancia entre los apoyos de la viga de ensayo (mm.)</p> <p>Para ambos casos, el módulo de rotura R se lo medirá en Mpa.</p>
--	--

Tabla 42.- Síntesis del proceso de ensayo de resistencia a la flexión del hormigón simple.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.2.3.4. Ensayo de tensión indirecta del hormigón

Se determinará la tensión de forma indirecta debido a que si se aplicase el ensayo directo se generarán incertidumbres acerca del surgimiento de esfuerzos secundarios inducidos por los implementos de sujeción de las muestras, además de ciertas dificultades en el montaje de las muestras. (Zambrano, 2016, pág. 67)

De acuerdo con lo anteriormente explicado, entonces, se recurrirá a la forma indirecta en base al ensayo de tensión por compresión diametral en donde este parámetro se lo determinará por medio de la carga a compresión de una probeta cilíndrica de hormigón aplicada a lo largo de un par de líneas axiales diametralmente opuestas. Se opta por esta configuración debido a que en ella los esfuerzos de tracción se distribuirán de una forma relativamente uniforme a lo largo de todo el diámetro del plano de carga vertical provocándose así la rotura a tracción del espécimen en el plano diametral.

No obstante, vale aclarar que este ensayo presentará determinados inconvenientes para el ensayo de hormigón reforzado con fibras de cabuya, por lo que la probeta deberá tener una longitud lo más reducida posible por lo que, para el caso de este trabajo, sus dimensiones serán las siguientes: diámetro 15 cm y altura 30 cm.

Una vez que se ha dado la explicación previa de los inconvenientes de este ensayo y el modo más apropiado para remediarlos, se procederá a dar la explicación de su proceso de forma sintética:

PASO	DESCRIPCIÓN
Colocación de los listones de apoyo	Los listones serán de madera prensada, los mismos que servirán de apoyo para poder aplicar la carga de forma uniforme a lo largo del cilindro. Sus dimensiones serán las siguientes: longitud 30 cm, ancho 2,5 cm, espesor 3 mm. Estos serán colocados entre el espécimen y los bloques de apoyo tanto superior como inferior de la máquina de ensayo, o bien, entre el espécimen y las placas suplementarias (en caso de llegar a utilizarse).
Aplicación de la carga de ensayo	Antes de proceder con el ensayo en sí, se demarcarán en cada extremo líneas diametrales con el objetivo de asegurar la aplicación uniforme de la carga. Se ensayarán dos cilindros por dosificación de 28 días de fabricación.
Determinación del valor de la tensión indirecta	<p>El esfuerzo de tensión indirecta se lo determinará por medio de la expresión:</p> $RT = \frac{2XP}{\pi lXd}$ <p>Siendo:</p> <p><i>P</i>: Carga máxima aplicada al espécimen (N)</p> <p><i>l</i>: Longitud del espécimen (mm.)</p> <p><i>d</i>: Diámetro del espécimen (mm.)</p> <p>El valor del esfuerzo de tensión indirecta se lo mide en Mpa.</p>

Tabla 43.- Síntesis del proceso de ensayo de tensión indirecta del hormigón.

Fuente: Darío Tumbaco

### 4.3. Diseño del bloque de fibras de cabuya

#### 4.3.1. Ensayo de la fibra de cabuya

##### 4.3.1.1. Preparación de la fibra de cabuya a ser utilizada

###### 4.3.1.1.1. Determinación del tamaño óptimo

Los principales parámetros que deberán de ser tomados en cuenta en la elaboración de bloques reforzados con fibras de cabuya son los siguientes: orientación, cantidad y longitud, siendo esta determinante para su resistencia por lo que se procederá a seleccionar el tamaño adecuado. Para cumplir con lo anterior, se probará en la mezcla de hormigón con tres longitudes de fibra de las siguientes dimensiones: 8,0; 4,0; 2,0 cm.

Los resultados obtenidos se resumen en el cuadro sinóptico siguiente:

<b>LONGITUD (cm.)</b>	<b>COMPORTAMIENTO</b>
8,0	Se observó una notoria dispersión de las fibras ocasionando así la heterogeneidad de la mezcla lo que trajo como consecuencia dificultades en el moldeo de los bloques debido al enredo de las fibras en la máquina vibro compactadora. Resultado: Longitud inapropiada.
4,0	Al emplear fibras de esta longitud, en igual proporción que la anterior, se pudo observar que la dispersión ha disminuido de forma considerable, sin embargo, se pudo detectar la formación de nudos que le restan consistencia y homogeneidad a la mezcla. Resultado: Longitud inapropiada.
2,0	Finalmente, con esta longitud, la menor de todas, se pudo observar que la totalidad de las fibras se integraron rápida y fácilmente a la mezcla de hormigón con distintos ángulos de orientación dando como resultado una fácil adherencia con el concreto, así como una buena y notoria homogeneidad. Consecuencia: Longitud adecuada.

Tabla 44.- Resultados del comportamiento de las fibras de cabuya en diferentes longitudes de prueba.

Elaborado por: Darío Tumbaco

Para cumplir con esta fase se deberá proceder a cortar las fibras en un número adecuado de tiras con cada una de las longitudes establecidas aclarando que será un trabajo en cierta forma laborioso debido a que las fibras de cabuya se comercializan en el mercado con longitudes que oscilan entre 130 a 170 cm.

Además de lo anterior, es necesario observar la muy probable presencia de trozos de hojas de cabuya adheridos a las fibras las cuales deberán de ser retiradas cuidadosamente de las fibras, caso contrario los resultados experimentales se verán distorsionados.



Figura 15.- Porción de fibras de cabuya cortadas.

Fuente: Darío Tumbaco

#### **4.3.1.1.2. Tratamiento de las fibras de cabuya**

El tratamiento de las fibras se lo llevará a cabo mediante el uso de parafina debido a que es una sustancia que protege eficazmente a las fibras en los hormigones y debido a ello disminuirá considerablemente su deterioro debido a la acción de las reacciones alcalinas de los componentes del cemento. La parafina además es una sustancia de bajo y actúa como catalizador en el hormigón. (Zambrano, 2016, pág. 44)

Una vez que se ha explicado acerca de la opción por la parafina como sustancia adecuada para el tratamiento de las fibras de cabuya, se procederá a explicar de forma sintética el referido proceso:

PASO	DESCRIPCIÓN
Sumergir las fibras	Previamente se calentará la parafina con la finalidad de pasarla de estado sólido a líquido, una vez que se haya cumplido con este paso se sumergirán las fibras cortadas en la parafina y se colocarán en el horno a una temperatura de 100°C por un lapso de cinco minutos.
Separación de las fibras	Una vez que se ha sacado el conjunto fibras parafina del horno, se procederá a separar las fibras de la sustancia por medio de una cuchara de acero y posteriormente se las llevará a un cedazo en donde se las estilará con la finalidad de evitar la formación de grumos de parafina en las fibras. Una vez que se ha cumplido con este paso, se separarán las fibras manualmente antes que se enfríen para de esta forma evitar la formación de bolas de estambre. Una vez cumplido con este paso, se podrá observar que la cabuya habrá adquirido rigidez.

Tabla 45.- Síntesis del proceso de tratamiento de las fibras de cabuya con la parafina.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.3.1.1.3. Resistencia a la tensión de las fibras de cabuya

Para la realización de este ensayo se tomará una muestra de fibras de cabuya a las que se las tejerá formando con ellas una especie de sogá, el procedimiento de ensayo se lo sintetizará a continuación:

PASO	DESCRIPCIÓN
Colocación de las fibras en la máquina de ensayos	En la máquina universal, aparato en el que se realizará el ensayo, se colocarán las fibras de cabuya, las mismas que se atarán a tornillos grandes.



	 <p>Figura 16.- Preparación de las fibras de cabuya para el ensayo de tracción</p>
<p>Aplicación de la carga en las fibras</p>	<p>Luego de haberse fijado las fibras a los tornillos grandes, se les procederá a acoplarlas a los marcos del bastidor de la máquina de ensayo. Una vez que los tornillos han quedado perfectamente sujetos, se procederá a aplicar la carga de tensión hasta que las fibras fallen.</p>  <p>Figura 17.- Aplicación de la carga de tensión a las fibras de cabuya.</p>

Tabla 46.- Síntesis del proceso de ensayo de resistencia a la tensión.

Fuente: Darío Tumbaco

#### 4.3.1.1.4. Determinación del índice de absorción de la fibra de cabuya sin tratar

El procedimiento se lo sintetizará a continuación:

PASO	DESCRIPCIÓN
Preparación de las muestras y secado	Se cortará la fibra en una longitud aproximada de 20 mm. Luego se tomarán cinco muestras de 1,0 gr de peso y se las secará en el horno a una temperatura de 100°C en un lapso de 24 horas. Luego del secado se pesarán las muestras en una balanza de precisión de 0,01 gr determinándose así el peso seco.
Saturación de las muestras	Una vez que se ha determinado el peso seco de las muestras, se procederá a sumergir a las mismas por otras 24 horas, transcurrido ese lapso de tiempo se sacarán del agua las muestras sumergidas y las secará con papel absorbente por un lapso de tres minutos hasta que las muestras estén completamente secas, luego de esto se pesarán las muestras y se promediarán los resultados (lo mismo se hace con el peso de las muestras saturadas).
Determinación del porcentaje de absorción	El porcentaje de absorción se lo obtendrá por medio de la expresión siguiente: $\% \text{ Absorción} = \frac{PSSS - PS}{PS} \times 100$ Siendo: <i>PSSS.</i> : Peso saturado superficialmente seco (gr) <i>PS</i> : Peso seco (gr)

Tabla 47.- Síntesis del procedimiento para la obtención del índice de absorción de la fibra de cabuya sin tratamiento.

Fuente: Darío Tumbaco

#### 4.3.1.1.5. Determinación del índice de absorción de la fibra de cabuya tratada

Al igual que en las fibras de cabuya no tratadas, el procedimiento se lo sintetizará a continuación:

PASO	DESCRIPCIÓN
Preparación de las muestras y secado	Para este caso se procederá al secado de las muestras de forma similar al caso de las muestras no tratadas y una vez que se las ha sacado del horno se las unta con la parafina. Posteriormente se las pesará determinándose así su peso seco.
Saturación de las muestras	Una vez que se han pesado las muestras tratadas, se procederá a sumergir en agua las fibras por un período de 24 horas y al igual que en el caso anterior, se las secará con papel absorbente por un lapso de tres minutos. Una vez cumplido lo anterior se pesarán las muestras.
Determinación del porcentaje de absorción	<p>El valor correspondiente al porcentaje de absorción de las muestras de fibras de cabuya tratadas se lo obtendrá de acuerdo a la siguiente relación:</p> $\% \text{ Absorción} = \frac{PSSSt - PSt}{PSt} \times 100$ <p>Siendo:</p> <p><i>PSSSt</i>: Peso saturado superficialmente seco de la fibra tratada (gr)</p> <p><i>PSt</i> : Peso seco de la fibra tratada (gr)</p>

Tabla 48.- Síntesis del procedimiento para la obtención del índice de absorción de la fibra de cabuya tratada.

Fuente: Darío Tumbaco

#### 4.3.2. Dosificación de la mezcla

En el caso a estudiarse en el presente trabajo, se dosificará la mezcla con adición de cabuya en tres porcentajes: 3,0; 4,0 y 5,0 % en relación al peso de cemento a usarse en su elaboración.

La dosificación se efectuará en base al patrón de mezcla establecido por la fábrica de bloques Tanicuchi, misma que se expone a continuación:

COMPONENTES	SÍMBOLO	PATRÓN
		(Dosificación al volumen en dm <sup>3</sup> para 24 unidades)
AGUA	A	22
CEMENTO	C	4
ARENA	R	45
RIPIO	P	135

Tabla 49.-Patrón de dosificación al volumen de mezcla de hormigón para la fabricación de 24 bloques según la fábrica "Tanicuchi".

Elaborado por: Darío Tumbaco

Entonces, una vez que se conocen las bases de dosificación, se procederá a determinar la respectiva cantidad de cabuya con los porcentajes establecidos:

**Cantidad de cemento al peso:**  $\rho_c = 2960 \text{ (gr/dm}^3\text{)}$ ;  $V_c = 4,0 \text{ (dm}^3\text{)}$

$$\rightarrow M_c = \rho_c \times V_c = 11840,0 \text{ (gr)}$$

**Cantidad de cabuya al peso:**  $M_{Fc} = \% \text{ Fibra} \times M_c$ .

$$M_{Fc} = 0,03 \times 11840,0 \text{ (gr)}$$

$$\rightarrow M_{Fc} = 355,20 \text{ (gr)} \approx 356,0 \text{ (gr)}$$

De este modo se procederá en los porcentajes restantes, siendo las proporciones los valores que se exponen a continuación:

COMPONENTES	SÍMBOLO	Dosificación al volumen (dm <sup>3</sup> ) para 24 piezas			
		PATRÓN	I	II	III
AGUA	A	22	22	22	22
CEMENTO	C	4	4	4	4
ARENA	R	45	45	45	45
RIPIO	P	135	135	135	135
CABUYA (gr)	F		356	474	592

Tabla 50.- Dosificación de mezcla para la elaboración de bloques de cabuya (24 unidades).

Elaborado por: Darío Tumbaco

### 4.3.3. Mezclado de los componentes

Este proceso se lo efectuará con una mezcladora rotatoria eléctrica, los materiales pétreos serán cuantificados en parihuelas cuadradas de 31,0 cm de lado y el agua se la dosificará por medio de un recipiente marcado en litros. En lo que respecta a la cuantificación de las fibras de cabuya, estas serán pesadas de acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 50.

El proceso de mezclado se lo sintetiza a continuación:

<b>PASO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Humedecido	Se verterá en la mezcladora una cantidad de agua de la dosificación (20,0%) con el fin de proporcionar la humedad adecuada a sus paredes, aspas y fondo.
Adición de agregado grueso	Se verterá en la mezcladora el ripio y se lo dejará combinar con el agua durante el lapso de un minuto.
Adición de agua	Una vez cumplido el paso anterior, se verterá una cantidad similar de agua de mezclado que la del primer paso y se espera un minuto.
Adición de cemento y agua	En este paso se procederá a verter el cemento junto con el volumen restante del agua de mezclado y se mezclará por el lapso de un minuto.
Adición de la fibra de cabuya	Luego de haberse efectuado el paso anterior, se procederá a agregar a la mezcla la fibra de cabuya calculada previamente esparciéndola en la totalidad del área de la mezcla de hormigón. Luego de cumplida la operación, se esperará por un lapso de tres minutos hasta que la mezcla tenga una consistencia homogénea.
Mezclado final	Una vez que se ha efectuado el proceso de mezcla mecánico, se apagará la mezcladora y se mezclará el producto de forma manual como paso previo al encofrado del mismo.

Tabla 51.- Síntesis del procedimiento de mezclado del concreto con fibra de cabuya.

Elaborado por: Darío Tumbaco

Una vez que se ha efectuado el proceso de mezcla del concreto con fibras de cabuya incorporadas, se procederá a la fabricación de los bloques con el mismo procedimiento explicado en 4.1.3 (tabla 35).

#### 4.4. Resultados de los ensayos de laboratorio

##### 4.4.1. Ensayo de granulometría por mallas del agregado fino

<b>MALLA N.-</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>	<b>MASA RETENIDA PARCIAL (gr)</b>	<b>MASA RETENIDA ACUMULADA (gr)</b>	<b>PTG. RETENIDO (%)</b>	<b>PTG QUE PASA (%)</b>
2'	50,80	0,0	0,0	0,0	100,00
1 1/2'	38,10	0,0	0,0	0,0	100,00
1'	25,40	0,0	0,0	0,0	100,00
3/4'	19,0	0,0	0,0	0,0	100,00
1/2'	12,70	0,0	0,0	0,0	100,00
3/8'	9,51	0,0	0,0	0,0	100,00
N.-4	4,76	23,0	23,0	2,73	97,27
N.-8	2,36	49,0	71,0	8,61	91,39
N.-16	1,18	64,0	135,0	16,33	83,67
N.-30	0,60	75,0	210,0	25,41	74,59
N.-50	0,30	87,0	297,0	35,86	64,14
N.-100	0,15	102,0	399,0	48,20	51,80
PASA N.-100		429,0	429,0		
SUMA		828,0	828,0		

Tabla 52.- Resultados del ensayo de granulometría para el agregado fino.

Elaborado por: Darío Tumbaco

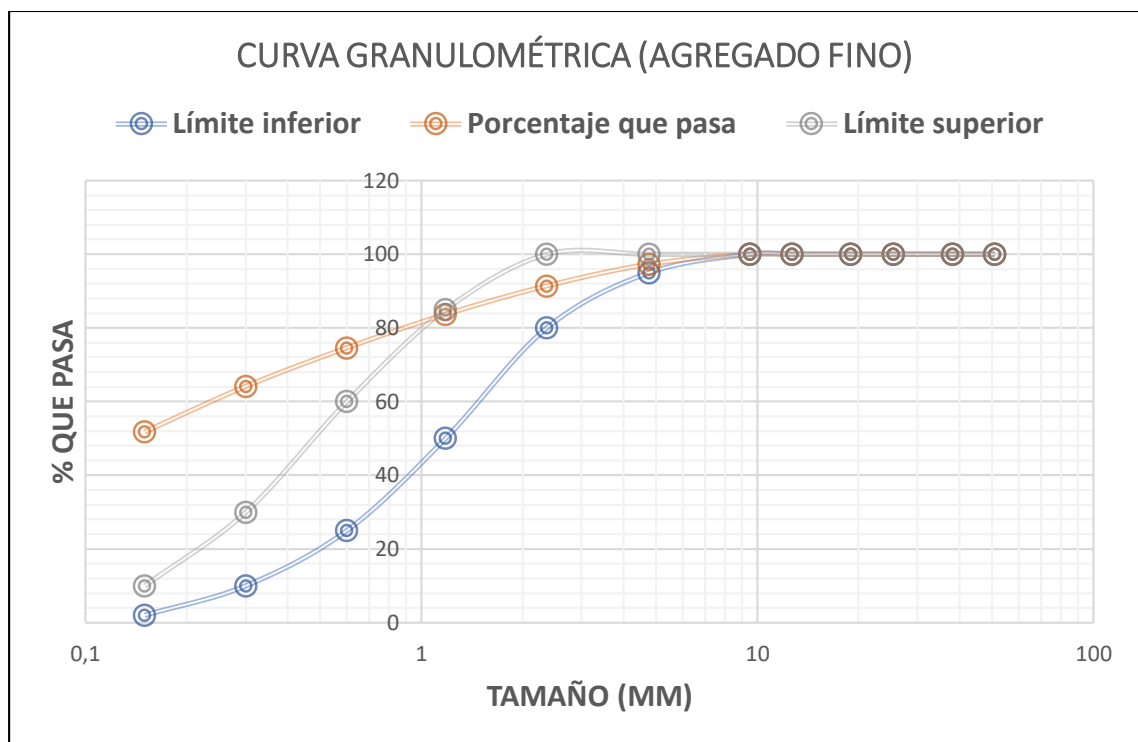


Figura 18.- Curva granulométrica del agregado fino.

#### 4.4.2. Ensayo de granulometría por mallas del agregado grueso

MALLA N.-	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL (gr)	MASA RETENIDA ACUMULADA (gr)	PTG. RETENIDO (%)	PTG. QUE PASA (%)
4'	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3 1/2'	90,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3'	75,0	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2'	63,0	0,00	0,00	0,00	100,00
2'	50,8	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2'	38,10	0,00	0,00	0,00	100,00
1'	25,40	40,0	40,0	0,44	99,56
3/4'	19,0	350,0	390,0	4,31	95,69
1/2'	12,70	1380,0	1770,0	19,56	80,44
3/8'	9,51	1106,0	2876,0	31,78	68,22
N.-4	4,76	2241,0	5117,0	56,54	43,46
PASA N.-4		3933,0	3933,0		
SUMA		9050,0	9050,0		

Tabla 53.- Resultados del ensayo de granulometría para el agregado grueso.

Elaborado por: Darío Tumbaco

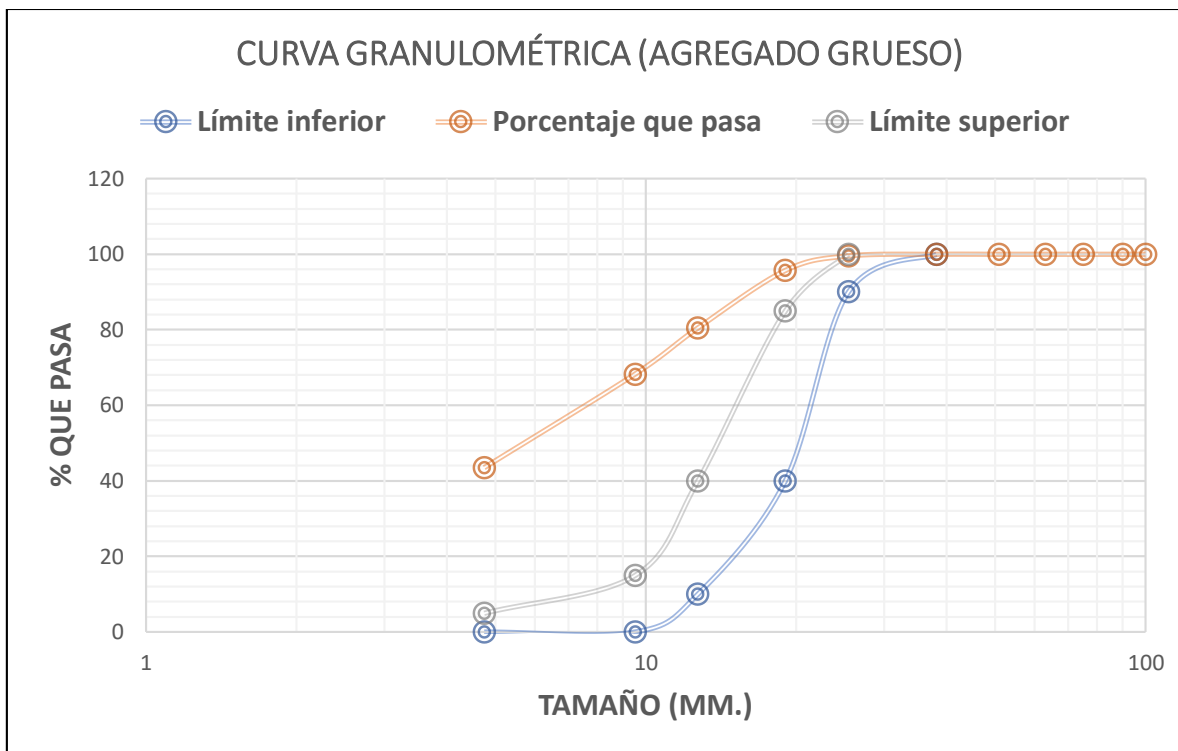


Figura 19.- Curva granulométrica del agregado grueso.

Elaborado por: Darío Tumbaco

Se observa la granulometría del agregado fino y agregado grueso con el cual trabajan en la fabricación artesanal del bloque liviano en la provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga.

#### 4.4.3. Ensayo de granulometría ideal por mallas del agregado fino

MALLA N.-	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL (gr)	MASA RETENIDA ACUMULADA (gr)	PTG. RETENIDO (%)	PTG QUE PASA (%)
2'	50,80	0,0	0,0	0,0	100,00
1 1/2'	38,10	0,0	0,0	0,0	100,00
1'	25,40	0,0	0,0	0,0	100,00
3/4'	19,0	0,0	0,0	0,0	100,00
1/2'	12,70	0,0	0,0	0,0	100,00
3/8'	9,51	0,0	0,0	0,0	100,00

N.-4	4,76	23,0	23,0	2,73	97,27
N.-8	2,36	49,0	72,0	8,61	91,39
N.-16	1,18	54,0	126,0	23,33	76,67
N.-30	0,60	65,0	191,0	47,41	52,59
N.-50	0,30	77,0	268,0	76,67	23,14
N.-100	0,15	99,0	367,0	92,2	7,8
PASA N.-100		370,0	370,0		
SUMA		737,0	737,0		

Tabla 54.- Resultados del ensayo de granulometría ideal para el agregado fino.

Elaborado por: Darío Tumbaco

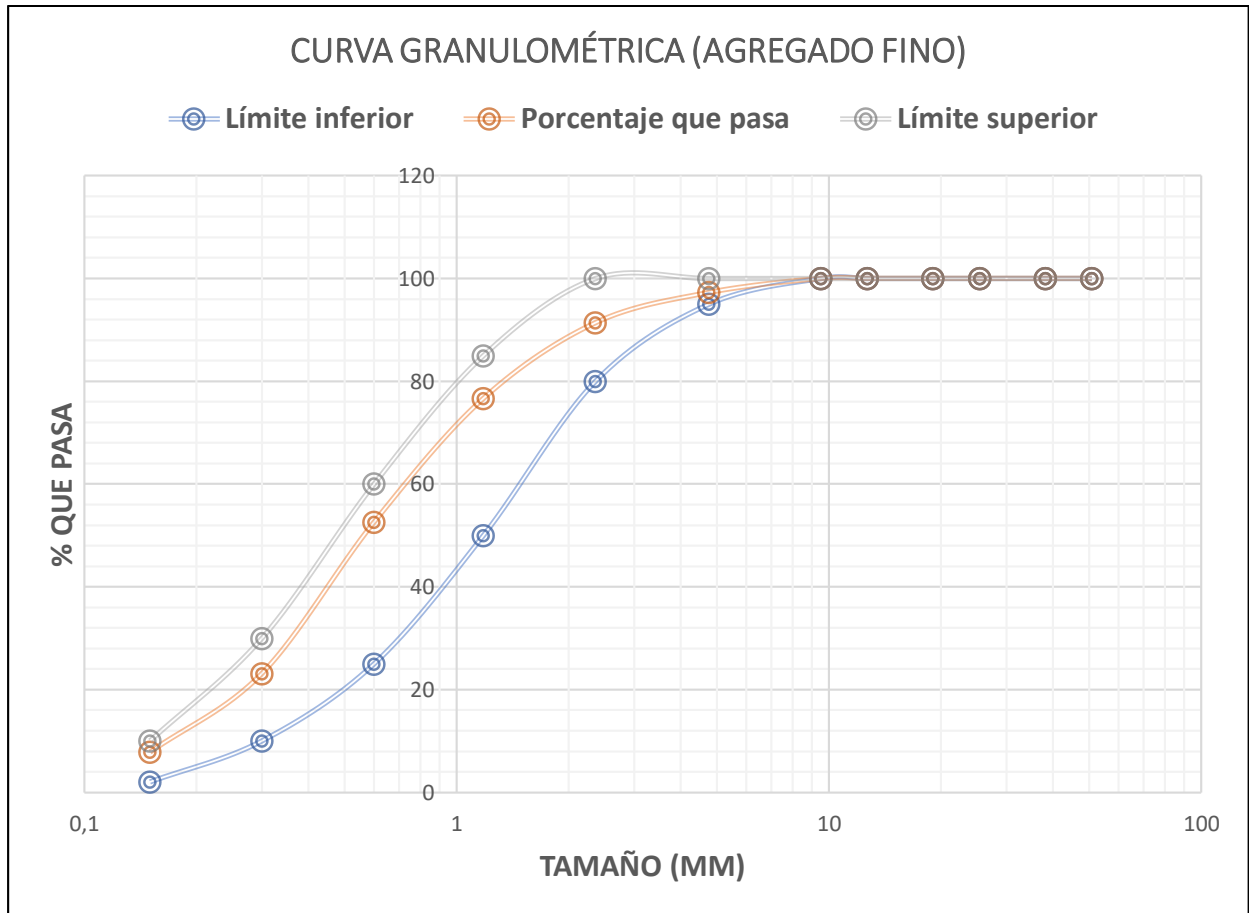


Figura 20.- Curva granulométrica ideal del agregado fino.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.4.4. Ensayo de granulometría ideal por mallas del agregado grueso

MALLA N.-	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL (gr)	MASA RETENIDA ACUMULADA (gr)	PTG. RETENIDO (%)	PTG QUE PASA (%)
4'	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3 1/2'	90,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3'	75,0	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2'	63,0	0,00	0,00	0,00	100,00
2'	50,8	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2'	38,10	0,00	0,00	0,00	100,00
1'	25,40	40,0	40,0	2,44	97,56
3/4'	19,0	350,0	390,0	23,05	76,95
1/2'	12,70	1370,0	1760,0	73,26	26,74
3/8'	9,51	1110,0	2870,0	88,88	11,12
N.-4	4,76	2160,0	5030,0	93,3	6,7
PASA N.-4		3910,0	3910,0		
SUMA		8940,0	8940,0		

Tabla 55.- Resultados del ensayo de granulometría ideal para el agregado grueso.

Elaborado por: Darío Tumbaco

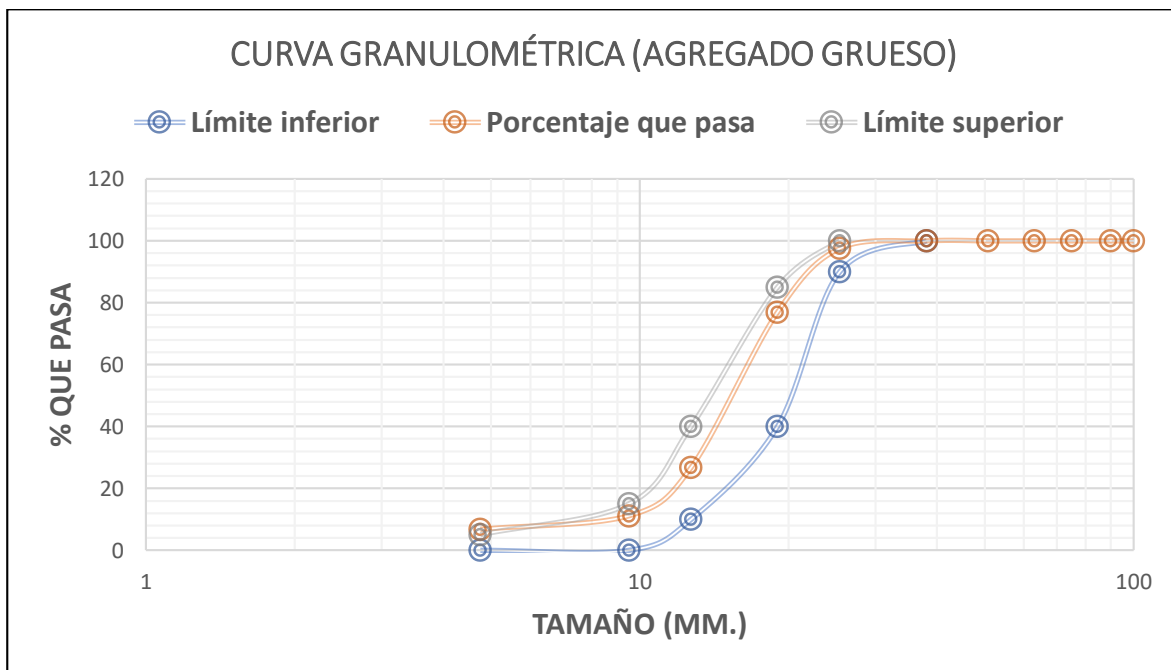


Figura 21.- Curva granulométrica ideal del agregado grueso.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.4.5. Gravedad específica y absorción en el agregado fino

PARÁMETRO	VALOR
Gravedad específica seca (Ge)	1,76
Gravedad específica saturada con superficie seca (Ges)	2,00
Gravedad específica aparente (Gea)	2,33
Porcentaje de absorción (%)	13,9

Tabla 56.- Valores de gravedad específica y absorción en el agregado fino obtenidos en el laboratorio.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.4.6. Gravedad específica y absorción en el agregado grueso

PARÁMETRO	VALOR
Gravedad específica seca (Ge)	1,75
Gravedad específica saturada con superficie seca (Ges)	1,92
Gravedad específica aparente (Gea)	2,11
Porcentaje de absorción (%)	9,70

Tabla 57.- Valores de gravedad específica y absorción en el agregado grueso obtenidos en el laboratorio.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.4.7. Porcentaje de desgaste a la acción abrasiva para el agregado grueso

PARÁMETRO	VALOR
Tamaño máximo nominal del agregado	0,75'
Tipo de gradación	B
Masa inicial de la muestra (A)	5009,0 (gr)
Masa retenida en el tamiz N.-12 después de 500 revoluciones	2852,0 (gr)
Masa que pasa el tamiz N.-12	2157,0 (gr)
Porcentaje de desgaste	43,0 %

Tabla 58.- Porcentaje de abrasión en el agregado grueso.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.4.8. Peso unitario del agregado grueso

PARÁMETRO	VALOR
Peso unitario suelto	630 (Kg/m <sup>3</sup> )
Peso unitario compacto	672 (Kg/m <sup>3</sup> )

Tabla 59.- Pesos unitarios del agregado grueso obtenidos en el laboratorio

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.4.9. Peso unitario del agregado fino

PARÁMETRO	VALOR
Peso unitario suelto	867 (Kg/m <sup>3</sup> )
Peso unitario compacto	1002 (Kg/m <sup>3</sup> )

Tabla 60.- Pesos unitarios del agregado fino obtenidos en el laboratorio.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.4.10. Resistencia máxima a la tracción de las fibras de cabuya

PARÁMETRO	VALOR
Carga máxima	157,0 (N)
Esfuerzo máximo	165,0 (Mpa)

Tabla 61.- Resistencia a la tracción en las fibras de cabuya.

Elaborado por: Darío Tumbaco

### 4.5. Comparación de los diseños entre bloques convencionales y bloques con fibra de cabuya

#### 4.5.1. Medición de dimensiones

##### 4.5.1.1. Dimensiones de bloques convencionales

DOSIFICACIÓN P <sub>o</sub> (0,0% DE FIBRA DE CABUYA)					
ESPÉCIMEN	LARGO PROMEDIO (mm.)	ANCHO PROMEDIO (mm.)	ALTURA PROMEDIO (mm.)	ESPELOR DE CARA (mm.)	ESPELOR DE TABIQUE (mm.)
1	400	150	200	22,0	23,0
2	400	150	200	22,0	23,0
3	400	150	200	21,0	22,0
<b>PROMEDIO</b>	400	150	200	21,67	22,67

Tabla 62.- Dimensiones promedio de bloques de 40X15X20 cm de dosificación P<sub>o</sub>.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.5.1.2. Dimensiones de bloques elaborados con fibra de cabuya

<b>DOSIFICACIÓN I (3,0 % DE FIBRA DE CABUYA)</b>					
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>LARGO PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ANCHO PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ALTURA PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ESPESOR DE CARA (mm.)</b>	<b>ESPESOR DE TABIQUE (mm.)</b>
<b>1</b>	400	150	200	21,0	21,0
<b>2</b>	400	150	202	22,0	22,0
<b>3</b>	400	150	202	22,0	22,0
<b>PROMEDIO</b>	400	150	201,33	21,67	21,67

Tabla 63.- Dimensiones promedio de bloques de 40X15X20 (cm) de dosificación I.

Elaborado por: Darío Tumbaco

<b>DOSIFICACIÓN II (4,0 % DE FIBRA DE CABUYA)</b>					
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>LARGO PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ANCHO PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ALTURA PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ESPESOR DE CARA (mm.)</b>	<b>ESPESOR DE TABIQUE (mm.)</b>
<b>1</b>	400	149	199	21,0	22,0
<b>2</b>	400	150	200	21,0	22,0
<b>3</b>	400	150	200	21,0	22,0
<b>PROMEDIO</b>	400	149,67	199,67	21,0	22,0

Tabla 64.- Dimensiones promedio de bloques de 40X15X20 (cm) de dosificación II.

Elaborado por: Darío Tumbaco

<b>DOSIFICACIÓN III (5,0 % DE FIBRA DE CABUYA)</b>					
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>LARGO PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ANCHO PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ALTURA PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ESPESOR DE CARA (mm.)</b>	<b>ESPESOR DE TABIQUE (mm.)</b>
<b>1</b>	400	150	200	21,0	21,0
<b>2</b>	400	150	200	21,0	21,0
<b>3</b>	400	150	204	21,0	21,0
<b>PROMEDIO</b>	400	150	201,33	21,0	21,0

Tabla 65.- Dimensiones promedio de bloques de 40X15X20 (cm) de dosificación III.

Elaborado por: Darío Tumbaco

<b>DOSIFICACIÓN IDEAL I (0,0 % DE FIBRA DE CABUYA)</b>					
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>LARGO PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ANCHO PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ALTURA PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ESPEJOR DE CARA (mm.)</b>	<b>ESPEJOR DE TABIQUE (mm.)</b>
<b>1</b>	399	151	197	22,0	20,0
<b>2</b>	399	152	198	22,0	20,0
<b>3</b>	400	151	193	21,0	21,0
<b>PROMEDIO</b>	399	151	196	21,67	20,33

Tabla 66.- Dimensiones promedio de bloques de 40X15X20 (cm) de dosificación ideal I.

Elaborado por: Darío Tumbaco

<b>DOSIFICACIÓN IDEAL II (4,0 % DE FIBRA DE CABUYA)</b>					
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>LARGO PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ANCHO PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ALTURA PROMEDIO (mm.)</b>	<b>ESPEJOR DE CARA (mm.)</b>	<b>ESPEJOR DE TABIQUE (mm.)</b>
<b>1</b>	399	151	198	21,0	22,0
<b>2</b>	400	151	197	21,0	21,0
<b>3</b>	401	152	193	21,0	21,0
<b>PROMEDIO</b>	400	151	196	21,0	21,33

Tabla 67.- Dimensiones promedio de bloques de 40X15X20 (cm) de dosificación ideal II.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.5.2. Absorción de agua, densidad y volumen

##### 4.5.2.1. Bloques convencionales

<b>DOSIFICACIÓN Po (0,0% DE FIBRA DE CABUYA)</b>						
<b>ESPE CÍMEN</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SUMERGIDO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SATURADO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SECO AL HORNO (Kg)</b>	<b>% ABS.</b>	<b>DEN SIDAD (Kg/m3)</b>	<b>VOL. NETO (dm3)</b>
<b>1</b>	3,71	9,97	8,40	19	1342	6,26
<b>2</b>	3,64	10,12	8,54	19	1318	6,48
<b>3</b>	3,72	10,03	8,45	19	1339	6,31
<b>PROMEDIO</b>	3,69	10,04	8,46	19	1333	6,35

Tabla 68.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación Po.

Elaborado por: Darío Tumbaco

##### 4.5.2.2. Bloques elaborados con fibra de cabuya

<b>DOSIFICACIÓN I (3,0% DE FIBRA DE CABUYA)</b>						
<b>ESPE CÍMEN</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SUMERGIDO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SATURADO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SECO AL HORNO (Kg)</b>	<b>% ABS.</b>	<b>DEN SIDAD (Kg/m3)</b>	<b>VOL. NETO (dm3)</b>
<b>1</b>	4,11	10,21	8,57	19	1405	6,10
<b>2</b>	3,97	10,16	8,60	18	1389	6,19
<b>3</b>	3,95	10,32	8,70	19	1366	6,37
<b>PROMEDIO</b>	4,01	10,23	8,62	19	1386,67	6,22

Tabla 69.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación I.

Elaborado por: Darío Tumbaco

<b>DOSIFICACIÓN II (4,0% DE FIBRA DE CABUYA)</b>						
<b>ESPE CÍMEN</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SUMERGIDO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SATURADO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SECO AL HORNO (Kg)</b>	<b>% ABS.</b>	<b>DEN SIDAD (Kg/m3)</b>	<b>VOL. NETO (dm3)</b>
<b>1</b>	3,42	9,84	8,36	18	1302	6,42
<b>2</b>	3,38	9,91	8,51	16	1303	6,53
<b>3</b>	3,52	9,92	8,38	18	1309	6,40
<b>PROMEDIO</b>	3,44	9,89	8,42	17	1305	6,45

Tabla 70.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación II.

Elaborado por: Darío Tumbaco

<b>DOSIFICACIÓN III (5,0% DE FIBRA DE CABUYA)</b>						
<b>ESPE CÍMEN</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SUMERGIDO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SATURADO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SECO AL HORNO (Kg)</b>	<b>% ABS.</b>	<b>DEN SIDAD (Kg/m3)</b>	<b>VOL. NETO (dm3)</b>
<b>1</b>	3,62	10,17	8,79	16	1342	6,55
<b>2</b>	3,85	10,29	8,89	16	1380	6,44
<b>3</b>	4,01	10,54	8,87	19	1358	6,53
<b>PROMEDIO</b>	3,83	10,33	8,85	17	1360	6,51

Tabla 71.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación III.

Elaborado por: Darío Tumbaco

<b>DOSIFICACIÓN IV (10,0% DE FIBRA DE CABUYA)</b>						
<b>ESPE CÍMEN</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SUMERGIDO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SATURADO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SECO AL HORNO (Kg)</b>	<b>% ABS.</b>	<b>DEN SIDAD (Kg/m3)</b>	<b>VOL. NETO (dm3)</b>
<b>1</b>	1,61	10,08	8,21	23	970	8,46
<b>2</b>	2,22	10,22	8,24	24	1030	8,00
<b>3</b>	1,92	9,98	8,11	23	1007	8,06
<b>PROMEDIO</b>	1,92	10,09	8,19	23	1002	8,17

Tabla 72.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación IV.

Elaborado por: Darío Tumbaco

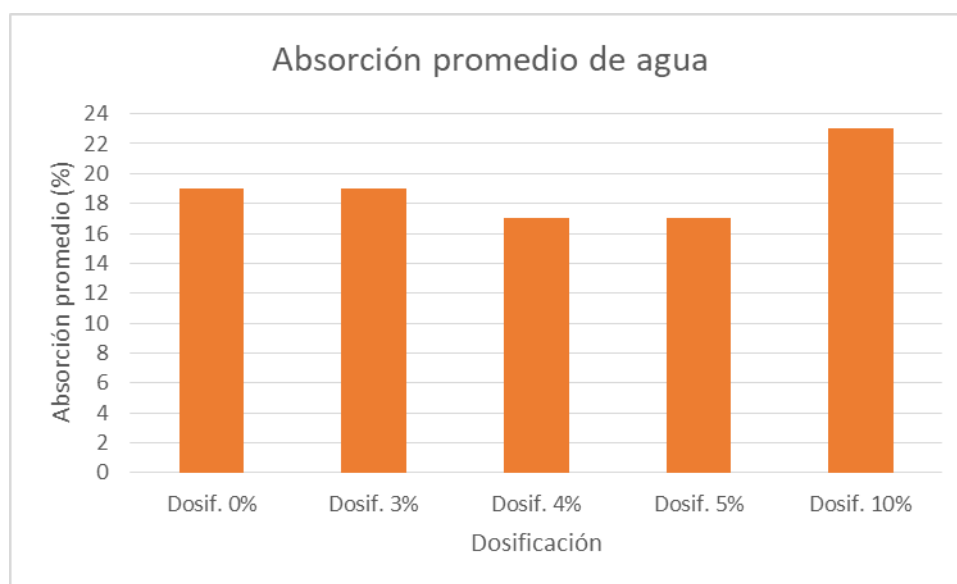


Figura 22.- Porcentaje de absorción de agua

Elaborado por: Darío Tumbaco

Como se puede observar el porcentaje de absorción de agua es similar con respecto a la muestra patrón y los que presentan porcentaje de fibra de cabuya pero en la muestra al cual se añade el 10% de fibra de cabuya se visualiza un considerable aumento de absorción, esto se debe a la gran cantidad de fibra natural que presenta esta muestra.

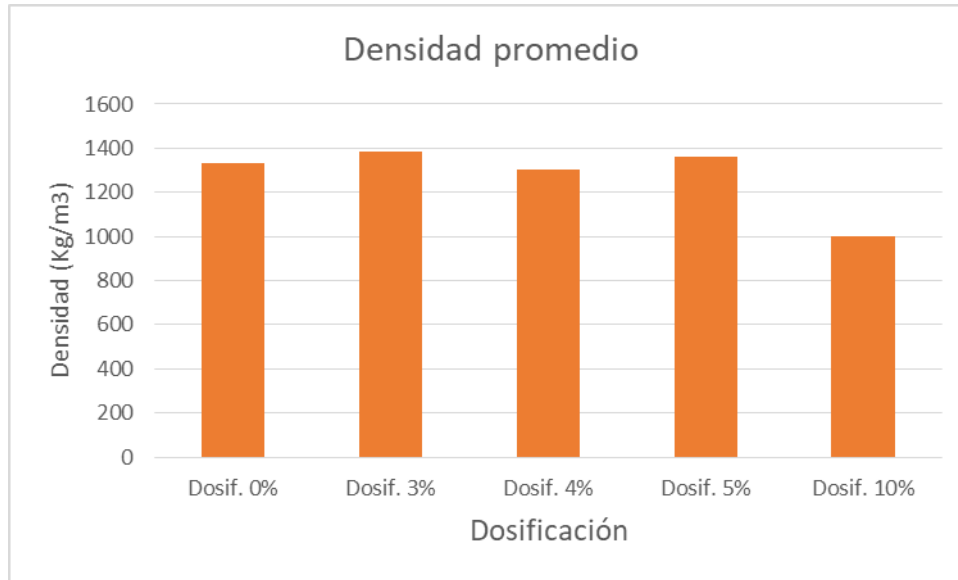


Figura 23.- Densidad promedio

Elaborado por: Darío Tumbaco

Observamos que la densidad promedio en sus distintas dosificaciones son ligeramente similares a excepción de la última dosificación que presenta una considerable reducción en su densidad sin embargo hay que mencionar que la Norma NTE 3066 menciona que para los bloques de hormigón de acuerdo a su densidad con clasificación tipo liviano su densidad del hormigón debe ser menor a 1680 kg/m<sup>3</sup> comprobando así que cumplimos con el valor establecido.

<b>DOSIFICACIÓN IDEAL I (0,0% DE FIBRA DE CABUYA)</b>						
<b>ESPE CÍMEN</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SUMERGIDO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SATURADO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SECO AL HORNO (Kg)</b>	<b>% ABS.</b>	<b>DEN SIDAD (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>VOL. NETO (dm<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	3,92	10,69	8,62	24	1274	6,76
<b>2</b>	3,78	10,38	8,38	24	1268	6,60
<b>3</b>	3,87	10,54	8,53	24	1278	6,67
<b>PROMEDIO</b>	3,86	10,54	8,51	24	1273	6,67

Tabla 73.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación ideal I.

Elaborado por: Darío Tumbaco

<b>DOSIFICACIÓN IDEAL II (4,0% DE FIBRA DE CABUYA)</b>						
<b>ESPE CÍMEN</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SUMERGIDO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SATURADO (Kg)</b>	<b>MASA ESPECÍMEN SECO AL HORNO (Kg)</b>	<b>% ABS.</b>	<b>DEN SIDAD (Kg/m3)</b>	<b>VOL. NETO (dm3)</b>
<b>1</b>	3,61	10,10	8,29	22	1277	6,49
<b>2</b>	3,46	9,87	8,09	22	1262	6,41
<b>3</b>	3,50	9,87	8,10	22	1270	6,37
<b>PROMEDIO</b>	3,52	9,95	8,16	22	1270	6,42

Tabla 74.- Absorción de agua, densidad y volumen de bloques de dosificación ideal II.

Elaborado por: Darío Tumbaco

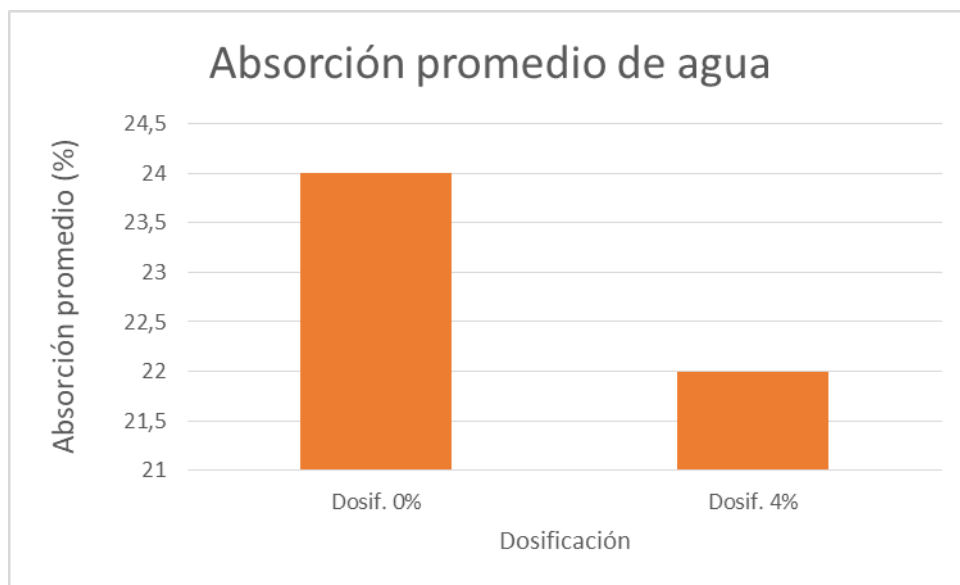


Figura 24.- Absorción promedio de agua en bloque

Elaborado por: Darío Tumbaco

Como se puede observar el porcentaje de absorción de agua varía en un 2%, hay que recalcar que un 22% en absorción de agua es un valor considerablemente alto y en lugares con presencia de humedad constante puede causar afectación a la estructura existente.

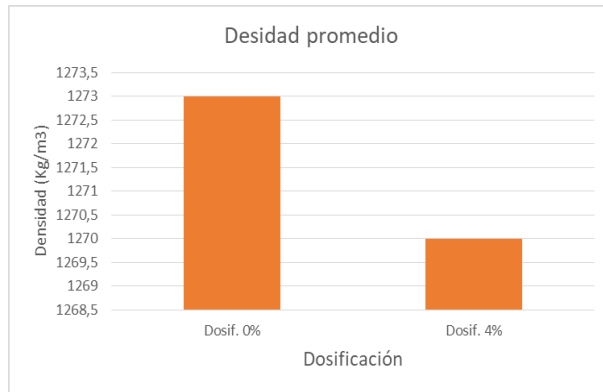


Figura 25.- Densidad promedio

Elaborado por: Darío Tumbaco

Como se puede observar la densidad promedio es ligeramente menor con respecto a la muestra de 0% de fibra con 1273 kg/m<sup>3</sup> y la muestra de 4% de fibra con una densidad de 1270 kg/m<sup>3</sup>, sin embargo la Norma NTE 3066 menciona que para los bloques de hormigón de acuerdo a su densidad con clasificación tipo liviano su densidad del hormigón debe ser menor a 1680 kg/m<sup>3</sup> comprobando así que cumplimos con el valor establecido.

#### 4.5.3. Resultados de las características mecánicas

##### 4.5.3.1. Ensayo de resistencia a la compresión simple

##### 4.5.3.1.1. Ensayo a la compresión de bloques con celdas en posición vertical

DOSIFICACIÓN Po (0,0% DE FIBRA DE CABUYA)						
ESPECIMEN	MASA DE RECEPCIÓN (Mr.) (Kg)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (*)		CARGA MÁXIMA (N)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS CELDAS EN POSICIÓN VERTICAL	
		BRUTA (mm <sup>2</sup> )	NETA (mm <sup>2</sup> )		BRUTA (MPa)	NETA (MPa)
1	8,40	60000	31300	61534	1,03	1,97
2	8,54	60000	32481	76638	1,28	2,36
3	8,45	59925	31629	67539	0,96	1,82
<b>PROMEDIO</b>	8,46	59975	31803,3	68570,33	1,10	2,10
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>					0,16	0,29

Tabla 75.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación Po con celdas en posición vertical.

(\*) Las áreas de la sección transversal vendrán siendo el promedio de las tres unidades empleadas en el ensayo de absorción, por lo que se asumirá que son iguales a las de las unidades empleadas en el ensayo de compresión.

<b>DOSIFICACIÓN I (3,0% DE FIBRA DE CABUYA)</b>						
<b>ESPECIMEN</b>	<b>MASA DE RECEPCIÓN (Mr.) (Kg)</b>	<b>ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL(*)</b>		<b>CARGA MÁXIMA (N)</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS CELDAS EN POSICIÓN VERTICAL</b>	
		<b>BRUTA (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>NETA (mm<sup>2</sup>)</b>		<b>BRUTA (MPa)</b>	<b>NETA (MPa)</b>
<b>1</b>	8,57	60000	30500	79988	1,33	2,62
<b>2</b>	8.60	60000	30720	89179	1,49	2,90
<b>3</b>	8,70	60000	31535	82166	1,37	2,61
<b>PROMEDIO</b>	8,62	60000	30918,33	83777,67	1,40	2,71
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>					0,08	0,16

Tabla 76.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación I con celdas en posición vertical.

Elaborado por: Darío Tumbaco

<b>DOSIFICACIÓN II (4,0% DE FIBRA DE CABUYA)</b>						
<b>ESPECIMEN</b>	<b>MASA DE RECEPCIÓN (Mr.) (Kg)</b>	<b>ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL(*)</b>		<b>CARGA MÁXIMA (N)</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS CELDAS EN POSICIÓN VERTICAL</b>	
		<b>BRUTA (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>NETA (mm<sup>2</sup>)</b>		<b>BRUTA (MPa)</b>	<b>NETA (MPa)</b>
<b>1</b>	9,84	59600	32261	99002	1,66	3,07
<b>2</b>	9,91	59800	32732	91502	1,53	2,80
<b>3</b>	9,92	60000	32080	88583	1,48	2,76
<b>PROMEDIO</b>	9,89	59800	32358	93029	1,56	2,88
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>					0,09	0,15

Tabla 77.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación II con celdas en posición vertical.

Elaborado por: Darío Tumbaco

<b>DOSIFICACIÓN III (5,0% DE FIBRA DE CABUYA)</b>						
<b>ESPECIMEN</b>	<b>MASA DE RECEPCIÓN (Mr.) (Kg)</b>	<b>ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (*)</b>		<b>CARGA MÁXIMA (N)</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS CELDAS EN POSICIÓN VERTICAL</b>	
		<b>BRUTA (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>NETA (mm<sup>2</sup>)</b>		<b>BRUTA (MPa)</b>	<b>NETA (MPa)</b>
<b>1</b>	10,17	59600	32750	102688	1,72	3,14
<b>2</b>	10,29	59800	32200	96558	1,61	3,00
<b>3</b>	10,54	60000	32088	97133	1,62	3,03
<b>PROMEDIO</b>	10,33	59800	32346	98793	1,65	3,06
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>					0,06	0,06

Tabla 78.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación III con celdas en posición vertical.

Elaborado por: Darío Tumbaco

En esta última dosificación se puede observar que, si bien la resistencia a la compresión en la sección neta aumenta en relación con las dosificaciones anteriores, el valor no llega al límite mínimo establecido por la NTE INEN 3066, por lo que se decidió efectuar un ensayo adicional con una dosificación igual al doble de la última (10%) con el objetivo de determinar si se llega al aumento de la resistencia en el área neta, los resultados se exponen en la tabla 79 que se muestra a continuación:

DOSIFICACIÓN IV (10,0% DE FIBRA DE CABUYA)						
ESPECIMEN	MASA DE RECEPCIÓN (Mr.) (Kg)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (*)		CARGA MÁXIMA (N)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS CELDAS EN POSICIÓN VERTICAL	
		BRUTA (mm <sup>2</sup> )	NETA (mm <sup>2</sup> )		BRUTA (MPa)	NETA (MPa)
1	10,08	59925	42411	104305	1,74	2,46
2	10,22	59725	39900	102112	1,71	2,56
3	9,98	59800	40386	101501	1,70	2,51
<b>PROMEDIO</b>	10,10	59817	40899	102639	1,72	2,51
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>					0,02	0,04

Tabla 79.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación IV con celdas en posición vertical.

Elaborado por: Darío Tumbaco

Como se puede observar, si bien la resistencia en la sección bruta aumentó su valor en cambio la resistencia a la compresión en la sección neta disminuyó de forma importante

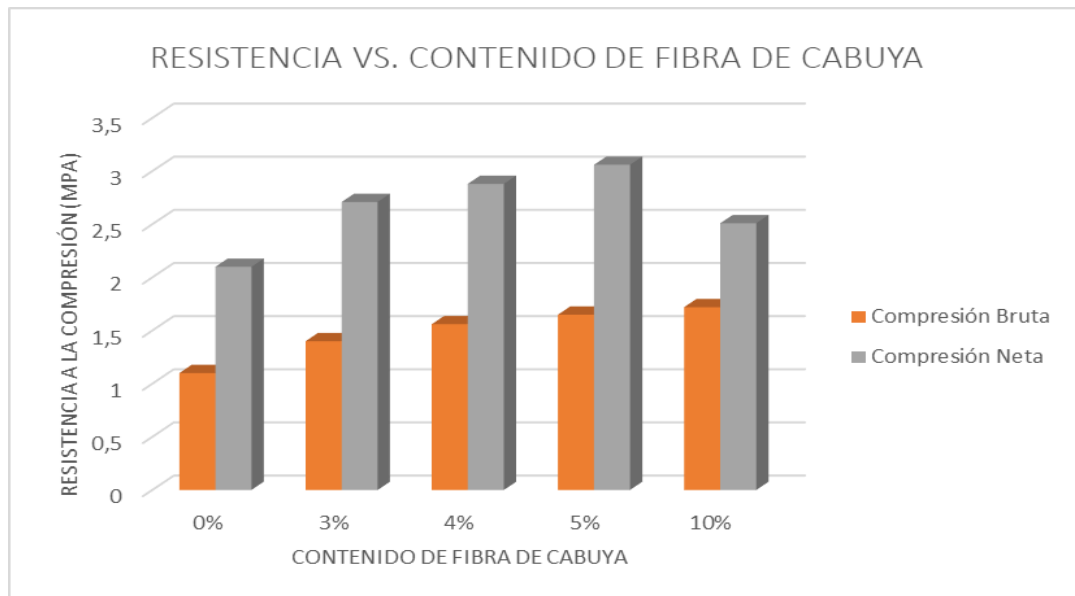


Figura 26.- Variación de la Resistencia a la compresión de bloques en función del contenido de fibra

Elaborado por: Darío Tumbaco

Como se puede observar en la figura 26, la resistencia a la compresión bruta va aumentando conforme se añade el porcentaje de fibra de cabuya pero también se visualiza que en la resistencia a la compresión neta va en aumento hasta que se produce una reducción en la resistencia a la compresión neta al añadir el 10% de fibra de cabuya.

<b>DOSIFICACIÓN IDEAL I (0,0% DE FIBRA DE CABUYA)</b>						
<b>ESPECIMEN</b>	<b>MASA DE RECEPCIÓN (Mr.) (Kg)</b>	<b>ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (*)</b>		<b>CARGA MÁXIMA (N)</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS CELDAS EN POSICIÓN VERTICAL</b>	
		<b>BRUTA (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>NETA (mm<sup>2</sup>)</b>		<b>BRUTA (MPa)</b>	<b>NETA (MPa)</b>
<b>1</b>	10,69	60277	34305	131543	2,18	3,83
<b>2</b>	10.38	60490	33415	134779	2,23	4,03
<b>3</b>	10,54	60141	34608	142069	2,36	4,11
<b>PROMEDIO</b>	10,62	60302	34109	136130	2,3	4,0
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>					0,15	0,2

Tabla 80.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación ideal I con celdas en posición vertical.

Elaborado por: Darío Tumbaco

DOSIFICACIÓN IDEAL II (4,0% DE FIBRA DE CABUYA)						
ESPECIMEN	MASA DE RECEPCIÓN (Mr.) (Kg)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (*)		CARGA MÁXIMA (N)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS CELDAS EN POSICIÓN VERTICAL	
		BRUTA (mm <sup>2</sup> )	NETA (mm <sup>2</sup> )		BRUTA (MPa)	NETA (MPa)
1	10,10	60170	32820	155820	2,59	4,75
2	9,87	60470	32586	144165	2,38	4,42
3	9,87	60778	33018	162675	2,68	4,93
<b>PROMEDIO</b>	9,99	60473	32808	154220	2,6	4,7
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>					0,1	0,2

Tabla 81.- Resistencia a la compresión en bloques de dosificación ideal II con celdas en posición vertical.

Elaborado por: Darío Tumbaco

Como se puede observar, con un material competente que presente una granulometría idónea la resistencia a la compresión aumenta considerablemente, los bloques alcanzan la resistencia mínima establecida en la Norma NTE 3066.

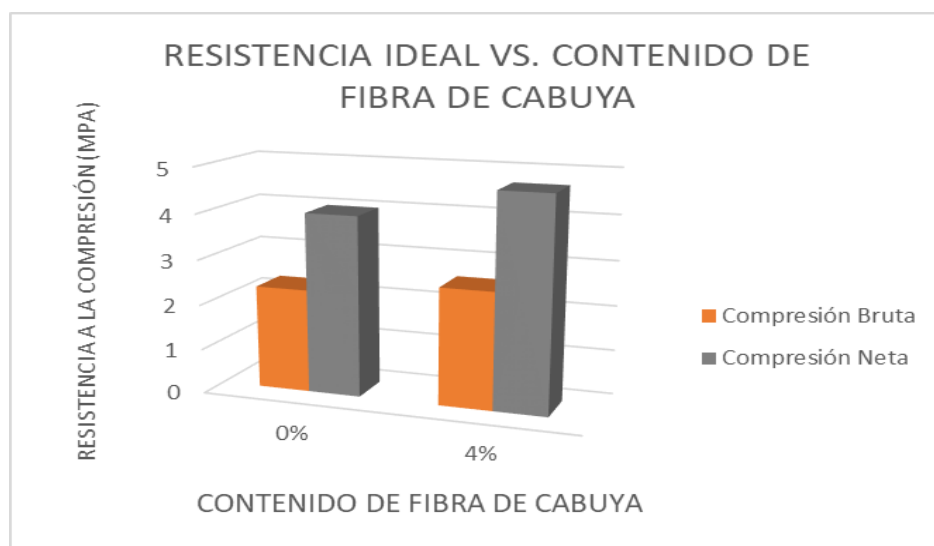


Figura 27.- Variación de la Resistencia ideal a la compresión en función del contenido de fibra.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.6. Determinación de costos de producción

Una vez que se han obtenido y tabulado los resultados del comportamiento físico mecánico de los dos tipos de bloques, se procederá a determinar el costo de producción de una unidad tanto del bloque convencional como del bloque reforzado con fibras de cabuya. El análisis de precios unitarios de los bloques de hormigón (40 X 30 X 20) cm<sup>3</sup> se lo efectuará en base a costos actualizados, así como en rendimientos reales.

##### 4.6.1. Análisis de precios unitarios del bloque hueco convencional de hormigón

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AXB	R	D=C/R
Herramienta auxiliar	1,0	1,65	1,65	135,00	0,012
Máquina mezcladora	1,0	1,65	1,65	135,00	0,012
Máquina moldeadora	1,0	1,65	1,65	135,00	0,012
<b>SUBTOTAL X</b>					<b>0,04</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AXB	R	D=C/R
Albañil: E.O.D2	1,0	4,65	4,65	135,00	0,03
Peón: E.O.E2	1,0	4,10	4,10	135,00	0,03
<b>SUBTOTAL Y</b>					<b>0,06</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=AXB	
Cemento	Kg	70,5	0,190	13,40	
Arena	dm <sup>3</sup>	260,25	0,018	4,69	
Ripio	dm <sup>3</sup>	770,15	0,011	8,470	
Agua	lt	130,25	0,002	0,26	
<b>SUBTOTAL Z</b>					<b>26,82</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DIST.	CANT.	TARIFA	COSTO
	U		A	B	C=AXB
<b>SUBTOTAL W</b>					<b>0,00</b>
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA			TOTAL COSTO DIRECTO (CD=X+Y+Z+W)		26,92
			COSTOS INDIRECTOS: 22% CD		5,92
			COSTO TOTAL DE LA PRODUCCIÓN (CT=CD+CI)		32,84
			COSTO DIRECTO POR BLOQUE: (CDB= CT/R)		0,24
			GANANCIA (G):		0,10
			COSTO DE VENTA DEL BLOQUE (CVB= CDB + G)		<b>0,34</b>

Tabla 82.- Análisis de precios unitarios del bloque hueco convencional de hormigón.

Elaborado por: Darío Tumbaco

#### 4.6.2. Análisis del precio unitario del bloque hueco de hormigón reforzado con cabuya

<b>EQUIPOS</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=AXB</b>	<b>R</b>	<b>D=C/R</b>
Herramienta auxiliar	1,0	1,65	1,65	130,00	0,013
Máquina mezcladora	1,0	1,65	1,65	130,00	0,013
Máquina moldeadora	1,0	1,65	1,65	130,00	0,013
<b>SUBTOTAL X</b>					<b>0,04</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL/ H</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=AXB</b>	<b>R</b>	<b>D=C/R</b>
Albañil: E.O.D2	1,0	4,65	4,65	130,00	0,04
Peón: E.O.E2	1,0	4,10	4,10	130,00	0,03
<b>SUBTOTAL Y</b>					<b>0,07</b>
<b>MATERIALES</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANT.</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>COSTO</b>	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=AXB</b>	
Cemento	Kg	68,8	0,190	13,07	
Arena	dm <sup>3</sup>	252,6	0,018	4,55	
Ripio	dm <sup>3</sup>	760,2	0,011	8,36	
Agua	lt	120,6	0,002	0,24	
Cabuya tratada con parafina	gr	1388,20	0,008	11,11	
<b>SUBTOTAL Z</b>					<b>37,33</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DIST.</b>	<b>CANT.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>COSTO</b>
	<b>U</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=AXB</b>
<b>SUBTOTAL W</b>					<b>0,00</b>
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA				TOTAL COSTO DIRECTO (CD=X+Y+Z+W)	37,44
				COSTOS INDIRECTOS: 22% CD	8,24
				COSTO TOTAL DE LA PRODUCCIÓN (CT= CD+CI)	45,68
				COSTO DIRECTO POR BLOQUE: (CDB= CT/R)	0,35
				GANANCIA (G):	0,10
				COSTO DE VENTA DEL BLOQUE (CVB= CDB + G)	<b>0,45</b>

Tabla 83.- Análisis de precios unitarios del bloque hueco de hormigón reforzado con fibra de cabuya.

Elaborado por: Darío Tumbaco

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- En lo que respecta al objetivo general propuesto en el presente trabajo, de acuerdo con los resultados obtenidos en el acápite 4.5.3.1.1, se pudo observar que efectivamente, aunque con ligeros incrementos, la resistencia a los esfuerzos de compresión de las celdas en posición vertical tanto en el área bruta como en el área neta experimenta un incremento en su valor por lo que se puede corroborar que, en efecto, la cabuya constituye un componente efectivo para reforzar los bloques de hormigón.
- En lo referente al primer objetivo específico, de acuerdo con los resultados en el acápite 4.5.3.1, se observa que la resistencia de los bloques convencionales se diferencia de la resistencia de los bloques reforzados con fibra de cabuya de acuerdo con las siguientes dosificaciones:
  - **Dosificación I (3,0% de fibra de cabuya):** La resistencia en la sección bruta de los especímenes reforzados con el 3,0% de fibra de cabuya ha experimentado un aumento promedio de 21,43% con respecto a las piezas convencionales, mientras que la resistencia de la sección neta de los bloques reforzados con el referido porcentaje ha presentado una diferencia promedio del orden del 22,51%, siendo la diferencia entre porcentajes del 1,08%
  - **Dosificación II (4,0% de fibra de cabuya):** La resistencia en la sección bruta de los elementos reforzados con la fracción de material indicada presentan una diferencia promedio del orden del 29,49% con respecto a los bloques de hormigón simple, mientras que la resistencia de la sección neta presenta un incremento del 27,08%, en este caso puede observarse que el porcentaje de incremento del área neta es menor que la del área bruta, sin embargo, la resistencia de los bloques reforzados con cabuya se sigue incrementando de forma progresiva.
  - **Dosificación III (5,0% de fibra de cabuya):** La resistencia en la sección bruta de los bloques reforzados con el porcentaje de fibra de cabuya mencionado presenta una

diferencia del orden del 33,33% con respecto a los bloques convencionales, en tanto que, para la resistencia en la sección neta, el incremento en la diferencia es del orden del 31,37% pudiéndose observar que al igual que en el caso anterior, el porcentaje del incremento del área neta supera al del área bruta aunque en este caso con una menor diferencia (1,96%) ante el caso anterior (2,41%) por lo que podrá deducirse que a medida que se incrementa el volumen de reforzamiento de fibras de cabuya la diferencia de resistencias a la compresión entre secciones disminuye.

- **Dosificación IV (10,0 % de fibra de cabuya):** La resistencia en la sección bruta de los especímenes reforzados con el referido porcentaje presenta una diferencia promedio del orden del 36,05% con respecto a los especímenes convencionales y como se pudo observar en los resultados expuestos en el acápite 4.5.3.1.1, si bien la resistencia a las acciones compresivas en la sección bruta aumentó con relación a los especímenes anteriores, se pudo observar que en cambio la resistencia promedio en la sección neta ha sufrido una importante disminución en su valor sin siquiera haber llegado al límite mínimo establecido por la NTE INEN 3066 (3,5 Mpa).
- Como se acaba de demostrar en el acápite 4.5.3.1, la resistencia en la sección neta en las muestras reforzadas con el 5,0% de fibras de cabuya presenta una resistencia a la compresión significativamente mayor que en el caso de las muestras convencionales, sin embargo, el valor promedio no llega al establecido por la Normativa NTE INEN 3066 que debe ser mínimo de 3,50 (Mpa), y cuando se incrementó al doble la dosificación de las fibras de cabuya (10,0%) , su resistencia en la sección bruta disminuyó de forma drástica, esto puede deberse básicamente a dos factores:
  1. Como se pudo observar en los ensayos de materiales, las curvas granulométricas, tanto para el agregado grueso como para el fino no se encuentran dentro de los límites establecidos por la ASTM C -33 01 (Figuras 20 – 21), por lo que se concluye que los granos están distribuidos de forma inadecuada además que el agregado grueso no se encuentra bien graduado, es decir, no está constituido por partículas de todos los tamaños, resultando así imperfecto el llenado de los vacíos existentes

entre las partículas de mayor tamaño lo que ocasionará un debilitamiento del hormigón.

2. La dosificación de la fibra de cabuya ha resultado insuficiente para proporcionar del reforzamiento necesario a los bloques, sin embargo, se deduce un aspecto muy importante: Si bien en la dosificación III se ha podido observar que la resistencia a la compresión en el área neta tiende a un acercamiento al valor mínimo (3,5 Mpa.) por lo que podría llegar a deducirse de forma preliminar que la referida dosificación constituirá un mínimo valor para este tipo de bloques cuya resistencia se ha visto disminuida justamente por la granulometría de los agregados que conforman el hormigón de los que se los ha fabricado, sin embargo, al aumentar la dosificación de fibras al doble (10%), se ha podido observar que aunque la resistencia en el área neta aumenta, la resistencia en el área bruta en cambio ha experimentado un brusco descenso y en lugar de llegar o sobrepasar el valor mínimo requerido más bien se sitúa muy por debajo del mismo.
- Por los factores anteriormente expuestos, se puede llegar a concluir lo siguiente: El desempeño de las fibras de cabuya dependerá directamente de la calidad del hormigón, la misma que dependerá de la calidad de los agregados que la conforman, por lo que para que exista un buen comportamiento de las fibras de cabuya como material de refuerzo, es necesario que el material pétreo tenga tanto una buena resistencia como graduación, por lo tanto, la fibra de cabuya trabaja en función de la calidad del agregado: Si el agregado tiene un buen comportamiento, la fibra de cabuya proporcionará un buen reforzamiento, por el contrario, si el agregado no presenta un buen comportamiento, la fibra de cabuya no proporcionará un reforzamiento óptimo. En resumen, el rendimiento de la fibra de cabuya no dependerá de su cantidad sino de la calidad del agregado que conforma el hormigón de los bloques.
  - El bloque tradicional con una resistencia de 2 MPA y el bloque con fibra de cabuya añadiendo diferente porcentaje de 3%, 4% y 5% adquieren resistencias a la compresión de 2.7 MPA, 2.9 MPA y 3.1 MPA los cuales son resistencias mayores a 1.7 MPA establecidos en la normal NTE INEN 3066 para bloque tipo C uso en aliviamiento de losa.

- Al tener una granulometría óptima (ideal) se verificó que los bloques adquieren una resistencia mayor al valor mínimo que nos menciona en la norma NTE 3066, resistencia de 4 MPA Y 4.7 MPA en comparación con el valor mínimo de la norma NTE 3066 de 3,5 MPA que es el bloque tipo B (no estructural), el reforzamiento con fibra de cabuya proporciona un reforzamiento considerable y significativo, establece que es un reforzamiento natural competente con grandes propiedades mecánicas en beneficio de la elaboración de los bloques no estructurales.
- En lo que concierne al porcentaje de absorción, se puede observar que los bloques reforzados con la dosificación I no han presentado variación promedio alguna disminuyendo muy poco en uno de los especímenes, mientras que con la dosificación II han manifestado una pequeña disminución en el referido parámetro y con la dosificación III su valor promedio se ha mantenido en el valor de la dosificación II. Además de lo anterior, en todos los casos el valor del porcentaje de absorción supera el valor límite establecido en la NTE 3066 (15,0%), lo que puede deberse a un alto índice de porosidad, resultado directo de la insuficiente graduación de las partículas de los agregados debido a su granulometría como ha quedado expuesto en los acápites 4.4.1 y 4.4.2. De acuerdo a lo anteriormente mencionado, entonces, se puede afirmar que el reforzamiento con fibras de cabuya facilitará la reducción del contenido de absorción de agua, sin embargo, este deberá estar dentro del límite establecido para que de esta forma el proceso de fraguado del hormigón pueda llegar a ser efectivo dotando así a los bloques de una resistencia aceptable ante las cargas de compresión.
- Si bien las fibras de cabuya distribuidas tanto en proporción como en tamaños óptimos reforzarán a los bloques ante las acciones de cargas de compresión, es necesario mencionar que su distribución en la mezcla de hormigón con el cual se elaborarán los bloques experimentará una considerable variación en base a su volumen que incrementará el del concreto original por lo que su uso puede llegar a complicarse por lo que deberán de controlarse adecuadamente las cantidades de dosificación.
- En lo referente al segundo objetivo específico, referente al costo de producción se puede mencionar lo siguiente:

- Una vez que se ha efectuado el análisis de costos en 4.6, se ha podido comprobar que los bloques reforzados con fibra de cabuya presentan un costo mayor que los bloques convencionales (con una diferencia de \$0,11), junto con un rendimiento por hora de la mano de obra reducido en un 4,0% (equivalente a media decena de bloques menos por hora). De acuerdo con lo anterior, entonces, se puede concluir que los bloques reforzados con fibra de cabuya resultan más costosos que los bloques de concreto convencional por lo que su demanda en el mercado se vería dificultada por este factor, sin embargo, esto no se traduce en un fracaso de la fabricación y comercialización de este material constructivo porque en cambio ofrecerán mayor seguridad y menor fragilidad lo que si bien no lo ha de colocar por encima de las preferencias en ventas con respecto al bloque de hormigón convencional, en cambio será considerado como una adecuada alternativa para los constructores y propietarios que buscan garantía, calidad y seguridad en la ejecución de sus proyectos.
  
- En lo referente al tercer objetivo específico, consistente en la concentración del contenido orgánico se puede afirmar lo siguiente:
  - Las dosificaciones de fibra de cabuya con las que se han reforzado las muestras de bloques de concreto convencional proporcionan resistencia a los mismos, si bien no se alcanza el valor mínimo que establece la Normativa INEN se demuestra en este trabajo de que en efecto se incrementa el esfuerzo resistente ante las acciones de carácter compresivo y que en la dosificación tipo III se alcanza un valor muy aproximado a la resistencia mínima establecida, por lo que se puede deducir que la presencia de contenido orgánico a través de las fibras de cabuya no causan afectación en el comportamiento de los bloques ante las acciones externas si no que, al contrario, los refuerzan y mejoran su rendimiento mecánico.
  
  - La presencia de elementos de naturaleza orgánica, en el presente caso las fibras de cabuya, si bien se mencionó anteriormente el hecho de que es necesario controlar sus volúmenes de dosificación para que la trabajabilidad de la mezcla no se vea afectada, no significa necesariamente que este material altere el comportamiento mecánico y físico químico del concreto, lo que se ha pretendido señalar es que las dosificaciones deben de estar efectuadas de forma cuidadosa para evitar así que exista desproporción entre los

componentes del hormigón trayendo como consecuencia una probable descompensación del total de la mezcla trayendo consigo el debilitamiento de los bloques ante las cargas de compresión, situación que pretende evitarse por medio del reforzamiento a base de las referidas fibras.

## **5.2. Recomendaciones**

- Como se ha visto en los resultados obtenidos, los porcentajes de dosificación de las fibras de cabuya, si bien aumentan de forma gradual la resistencia de los bloques de hormigón a la acción de las cargas compresivas, pudo verse que con la tercera dosificación apenas se llegó a un valor promedio cercano al valor mínimo establecido por la NTE INEN 3066, sin embargo, como se ha logrado comprobar que efectivamente las dosificaciones con dichas fibras refuerzan la mezcla de concreto de los bloques, se recomienda aumentar la dosificación de un modo gradual a fin de ir controlando la efectividad de la misma y poder así llegar a establecer una dosificación definitiva por medio de la cual los bloques puedan alcanzar una resistencia a la compresión igual o superior a la establecida por la Normativa INEN.
- Al comprobarse que los agregados provenientes de la cantera “San Agustín” no se encuentran dentro de los límites granulométricos establecidos por la ASTM C-33 01, se recomienda que en la fabricación de bloques con agregados que tengan características afines se utilicen aditivos que sean capaces de mejorar la distribución de los materiales para que de esta forma puedan llegar a llenarse una buena parte de los espacios vacíos disminuyéndose así los índices de porosidad y adquirir una mejor resistencia pudiendo facilitar de este modo la dosificación de las fibras de cabuya economizando su empleo y por ende su costo.
- Al momento de adquirir bloques y decidir acerca de cuáles llevar, si los convencionales o los reforzados por fibras de cabuya, el comprador deberá ser quien decida por su cuenta acerca del material que mejor le conviene ya sea por costo u otras razones por lo que este tendrá el derecho absoluto de escoger el material que mejor se adapte a sus necesidades, sin embargo, es aconsejable que busque asesoría adecuada ya sea por parte de alguien que tenga experiencia en el asunto o bien de los mismos comerciantes quienes deberán indicarle

con precisión y honestidad acerca de las ventajas que reúnen ambos bloques a fin de que esté en condiciones de seleccionar el más adecuado. Pese a lo anterior, es aconsejable recomendar los bloques reforzados para ciertas áreas de la construcción más vulnerables y los convencionales para las menos riesgosas alternando así el presupuesto a invertirse en los rubros.

- La fabricación de los bloques reforzados con fibra de cabuya puede constituir una actividad generadora de recursos económicos para los habitantes de las parroquias rurales del cantón Latacunga, por lo que puede llegar a recomendarse lo siguiente:
  - Establecer talleres de formación comunales que puedan capacitar a sus habitantes tanto en lo referente a la fabricación de este tipo de bloques como en lo relacionado con el emprendimiento comercial para que puedan llegar a administrar sus pequeñas fábricas de una forma adecuada y eficiente.
  - Establecer programas de cultivo de las fibras de cabuya encaminados a fortalecer la actividad agrícola y productiva relacionada con este recurso natural. De esta forma se pretende despertar en los pobladores el interés por dedicarse a las actividades relacionadas con el cultivo del producto en mención, incentivando así su potencial como agricultores pretendiendo lograr que permanezcan en sus poblados en lugar de emigrar a las ciudades o al extranjero, de esta forma se pretende que constituyan una fuerza productiva para el sector rural del cantón Latacunga contribuyendo así con su progreso tanto económico como social.
  - Establecer líneas de crédito para los emprendedores ya sea en lo relacionado con la fabricación de bloques como en el cultivo de las fibras de cabuya, las cuales facilitarán el desarrollo de sus actividades en sus etapas iniciales, y una vez que hayan logrado consolidar su volumen productivo estén en capacidad de reembolsar los créditos que les hayan sido otorgados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Albán, J. L., & Utreras, I. (2020). *Elaboración de una mezcla de hormigón alivianado usando arcilla expandida (arrita). Caso de aplicación en fabricación de paneles prefabricados no estructurales*. Obtenido de file:///C:/Users/Hp/Downloads/Tesis%20Alb%C3%A1n%20-%20Utreras%20(1).pdf
- ANDECE. (1 de julio de 2019). *Guías Técnicas ANDECE*. Obtenido de Muros de Bloques y ladrillos de Hormigón: <https://www.andece.org/wp-content/uploads/2019/07/Gu%C3%ADa-T%C3%A9cnica-Muros-de-bloques-y-ladrillos-de-hormig%C3%B3n.V1.pdf>
- Baldeon Cajo, J. E. (2013). *Estudio de retención de metales pesados en aguas sintéticas (preparadas en laboratorio) utilizando como lecho filtrante la fibra de cabuya furcraea andina como alternativa de remediación*. Obtenido de Universidad Nacional del Chimborazo: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/766/1/UNACH-EC-IMB-2013-0001..pdf>
- Briceño, D. (octubre de 2016). *Análisis del comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24183/1/Tesis%201062%20-%20Brise%C3%B1o%20S%C3%A1nchez%20Daniela%20Yajaira.pdf>
- Delgado, D., & Chavez, I. (2014). *Estudio de granulometría y resistencia a la abrasión del agregado grueso*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es/document/universidad-europea-de-madrid/tecnologia-de-materiales/ejercicios-obligatorios/ensayo-granulometrico-del-agregado-grueso/2456933/view>
- INEN, I. E. (noviembre de 2016). *Bloques de hormigón, requisitos y métodos de ensayo*. Obtenido de [https://vipresa.com.ec/wp-content/uploads/2019/02/nte\\_inen\\_3066.pdf](https://vipresa.com.ec/wp-content/uploads/2019/02/nte_inen_3066.pdf)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2014). *NTE INEN 368*. Obtenido de file:///C:/Users/Hp/Downloads/7366094.pdf
- Mejía, R. (2010). *Utilización de Hormigón celular como base y sub base en la construcción de carreteras*. Obtenido de file:///C:/Users/Hp/Downloads/T-PUCE-3439%20(2).pdf
- Salamanca, R. (julio de 2000). *DIALNET*. Obtenido de Los cementos adicionados: file:///C:/Users/Hp/Downloads/Dialnet-LosCementosAdicionados-5313963.pdf
- Sánchez Viuche, R. (2014). *Desgaste de la máquina de los ángeles*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/karitofer/laboratorio-pavimentos>
- Sarg, O. (Noviembre de 2010). *Caracterización física y mecánica del agregado del banco La Isla del Municipio de Santa Cruz*. Obtenido de Universidad de San Carlos de Guatemala: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3200\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3200_C.pdf)

Tamayo Duque, N. A. (junio de 2012). *Obtención y caracterización de materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con fibras de cabuya mediante estratificación*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4714/1/CD-4344.pdf>

UNACEM. (10 de Enero de 2018). *Ficha Técnica ARMADURO*. Obtenido de <https://ferrigonz.com.ec/wp-content/uploads/2018/01/Armaduro.pdf>

Universidad de Alicante. (2009). *Granulometria I: Determinación de la granulometría de un árido*. Obtenido de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10998/3/Pr%C3%A1ctica%20N%C2%BA%203%20\\_Granulometria%20I\\_.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10998/3/Pr%C3%A1ctica%20N%C2%BA%203%20_Granulometria%20I_.pdf)

Zambrano, A. B. (julio de 2016). *Estudio de las características físico mecánicas de los bloques de hormigón con fibra de cabuya*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6935/1/T-UCE-0011-228.pdf>

# ANEXOS

## Anexo 1.- Misceláneo fotográfico



## Anexo 2: Resultados de los ensayos de laboratorio

	<b>PUCE</b>	Pontificia Universidad Católica del Ecuador LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA	
<b>ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES</b> <b>INFORME DE ENSAYO</b> <b>ENSAYO DE TRACCION EN FIBRA DE CABUYA</b>			
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: Bloques de Mampostería con Fibra Natural	<b>SOLICITADO POR :</b>	Dario Tumbaco
<b>LOCALIZACION:</b>	Latacunga	<b>FISCALIZACIÓN :</b>	.....
		<b>CONTRATISTA:</b>	.....
<b>MUESTRA:</b>	Tomada por el Cliente	<b>FECHA DE INGRESO:</b>	2021/10/18
		<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	2021/10/18
		<b>ORDEN DE TRABAJO:</b>	34503
		<b>HOJA:</b>	1 de 1

MUESTRA	1
IDENTIFICACIÓN	Fibra de Cabuya
FECHA DE ENSAYO	18/10/2021
DIAMETRO (mm)	1,10
ÁREA (mm <sup>2</sup> )	0,95
CARGA MÁXIMA (N)	157
ESFUERZO MÁXIMO (Mpa)	165

**OBSERVACIONES :**

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

 Ing. María Inés Calvo Responsable de Área	 Ing. Jorge Alba, M.Ce. Director
---	---

Veintiuna y Av. 12 de Octubre Tel: 593 2 299 1529 Cel: 098 704 9430 Quito - Ecuador L.M.C-PUCE@puce.edu.ec www.puce.edu.ec	Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...	  RESULTADOS
---	--	--





**PUCE**

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTECNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
EN BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN**

**PROYECTO:** Tesis: Bloques de Mampostería con Fibra Natural      **SOLICITA:** Darío Turmezo

**LOCALIZACIÓN:** Latacunga      **FISCALIZACIÓN:** .....

**MUESTRA:** Tomada por el Cliente      **CONTRATISTA:** .....

**NORMA DE REFERENCIA:** NTE INEN 3066      **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2021/10/07

.....      **FECHA DE EMISIÓN:** 2021/10/14

**FÁBRICA:** .....

**DESCRIPCIÓN:** Bloque 15x20x40 cm      **ORDEN DE TRABAJO:** 34494

.....      **HOJA:** 2 de 4

Probeta N°	1	2	3
Identificación	Con 350 gr de Fibra de Cabuya		
Fecha de fabricación	09/09/2021	09/09/2021	09/09/2021
Fecha de ensayo	11/10/2021	11/10/2021	11/10/2021
Edad (días)	32	32	32
Ancho promedio (mm)	150	150	150
Altura promedio (mm)	200	200	200
Longitud promedio (mm)	400	400	400
Espesor promedio de cara (mm)	21	22	22
Espesor promedio de tabique (mm)	21	22	22
Peso saturado con superficie seca (Kg)	10,21	10,16	10,32
Peso sumergido (Kg)	4,11	3,97	3,96
Peso seco (Kg)	6,57	6,60	6,70
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	1405	1389	1366
<b>Densidad promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1387</b>		
Volumen neto (mm <sup>3</sup> )	6100000	6190000	6070000
Área neta (mm <sup>2</sup> )	30900	30720	31036
Área bruta (mm <sup>2</sup> )	60000	60000	60000
Porcentaje sólido (%)	50,8	51,2	52,8
Carga (N)	79668	89179	82168
Resistencia del área neta (MPa)	2,52	2,90	2,61
<b>Resistencia Neta promedio (Mpa)</b>	<b>2,7</b>		
Resistencia del área bruta (MPa)	1,33	1,49	1,37
<b>Resistencia Bruta promedio (Mpa)</b>	<b>1,4</b>		
Absorción (Kg/m <sup>3</sup> )	269	252	254
<b>Absorción promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>258</b>		
Absorción (%)	19	18	19
<b>Absorción promedio (%)</b>	<b>19</b>		

**OBSERVACIONES:**

1MPa = 10,3 Kg/cm<sup>2</sup>

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Viamónilla y Av. 12 de Octubre  
Tel.: 593 2 299 1529  
Cel.: 098 704 9430  
Quito - Ecuador  
L.MC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

Ing. María Inés Calvo  
RESPONSABLE DEL ÁREA



Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
DIRECTOR



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





# PUCE

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



## ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES INFORME DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN

PROYECTO: Tesis: Bloques de Mampostería con Fibra Natural SOLICITA: Darío Tumbaco

LOCALIZACIÓN: Latacunga FISCALIZACIÓN: .....

MUESTRA: Tomada por el Cliente CONTRATISTA: .....

NORMA DE REFERENCIA: NTE INEN 3066 FECHA DE RECEPCIÓN: 2021/11/18  
FECHA DE EMISIÓN: 2021/11/25

FÁBRICA: ..... ORDEN DE TRABAJO: 34572

DESCRIPCIÓN: Bloque 15x20x40 cm HOJA: 1 de 2

Probeta N°	1	2	3
Identificación	Bloques con Fibra de Cabuya al 10%		
Fecha de fabricación	19/10/2021	19/10/2021	19/10/2021
Fecha de ensayo	22/11/2021	22/11/2021	22/11/2021
Edad (días)	34	34	34
Ancho promedio (mm)	150	150	150
Altura promedio (mm)	200	201	200
Longitud promedio (mm)	400	400	400
Espesor promedio de cara (mm)	21	21	22
Espesor promedio de tabique (mm)	21	21	21
Peso saturado con superficie seca (Kg)	10,06	10,22	9,98
Peso sumergido (Kg)	1,61	2,22	1,92
Peso seco (Kg)	8,21	8,24	8,11
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	970	1030	1007
Densidad promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	1002		
Volumen neto (mm <sup>3</sup> )	8461000	8000000	8057000
Área neta (mm <sup>2</sup> )	42411	39900	40366
Área bruta (mm <sup>2</sup> )	59025	59725	59600
Porcentaje sólido (%)	70,8	66,8	67,5
Carga (N)	104305	102112	101501
Resistencia del área neta (MPa)	2,46	2,56	2,51
Resistencia Neta promedio (Mpa)	2,5		
Resistencia del área bruta (MPa)	1,74	1,71	1,70
Resistencia Bruta promedio (Mpa)	1,7		
Absorción (Kg/m <sup>3</sup> )	221	247	232
Absorción promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	233		
Absorción (%)	23	24	23
Absorción promedio (%)	23		

### OBSERVACIONES:

1MPa = 10,2 Kg/cm<sup>2</sup>

**NOTA:** Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Ing. María Inés Calvo  
RESPONSABLE DEL ÁREA



Ing. Jorge Abuja, M.Sc.  
DIRECTOR



Simón Bolívar y Av. 12 de Octubre  
tel.: 593 2 299 1529  
tel.: 098 704 9430  
Quito - Ecuador  
MG-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**PUCE**

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE HORMIGONES

INFORME DE ENSAYO

GRANULOMETRÍA POR MALLAS (AGREGADO FINO)

PROYECTO: Control de Calidad  
LOCALIZACIÓN: Latacunga  
MUESTRA: Tomada por el Cliente  
NORMA ENSAYO: ASTM C 136

SOLICITADO POR: Darío Tumbaco

FISCALIZACIÓN: .....

CONTRATISTA: .....

FECHA DE RECEPCIÓN: 25/06/2021

FECHA DE EMISIÓN: 05/07/2021

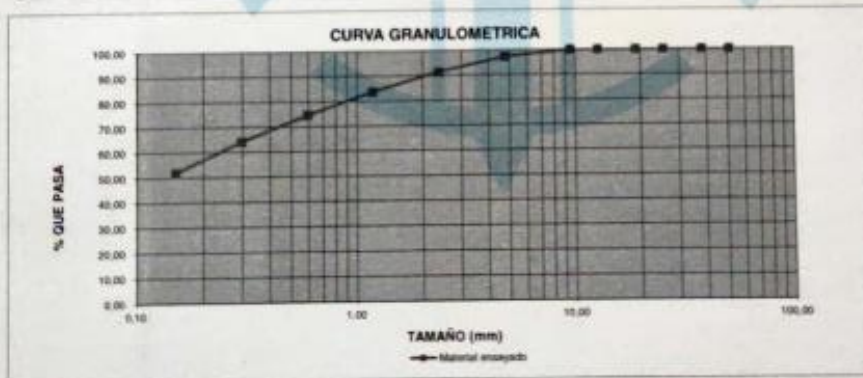
CANTERA: San Agustín  
LOCALIZACIÓN: San Agustín

ORDEN DE TRABAJO: 5305 M

HOJA: 5 de 7

MÓDULO DE FINURA: 1,4

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
2"	50,80	0	0	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0	0	0,00	100,00
1"	25,40	0	0	0,00	100,00
3/4"	19,00	0	0	0,00	100,00
1/2"	12,70	0	0	0,00	100,00
3/8"	9,51	0	0	0,00	100,00
No.4	4,75	23	23	2,73	97,27
No.8	2,36	49	71	8,61	91,39
No.16	1,18	64	135	16,33	83,67
No.30	0,60	75	210	25,41	74,59
No.50	0,30	87	297	35,86	64,14
No.100	0,15	102	399	48,20	51,80
Pasa No. 100		429	429		
SUMA		828	828		



OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área

Vatovilla y Av. 12 de Octubre  
Tel: 591 2 299 1529  
Cel: 998 704 9430  
Quito - Ecuador





**PUCE**

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE HORMIGONES

INFORME DE ENSAYO

GRANULOMETRÍA POR MALLAS (AGREGADO GRUESO)

PROYECTO: Control de Calidad

SOLICITADO POR: Darío Tumbaco

LOCALIZACIÓN: Latacunga

FISCALIZACIÓN: .....

MUESTRA: Tomada por el Cliente

CONTRATISTA: .....

NORMA ENSAYO: ASTM C 136

FECHA DE RECEPCIÓN: 25/06/2021

FECHA DE EMISIÓN: 05/07/2021

CANTERA: San Agustín

ORDEN DE TRABAJO: 5305 M

LOCALIZACIÓN: San Agustín

HOJA: 1 de 7

DESCRIPCIÓN: Pómez

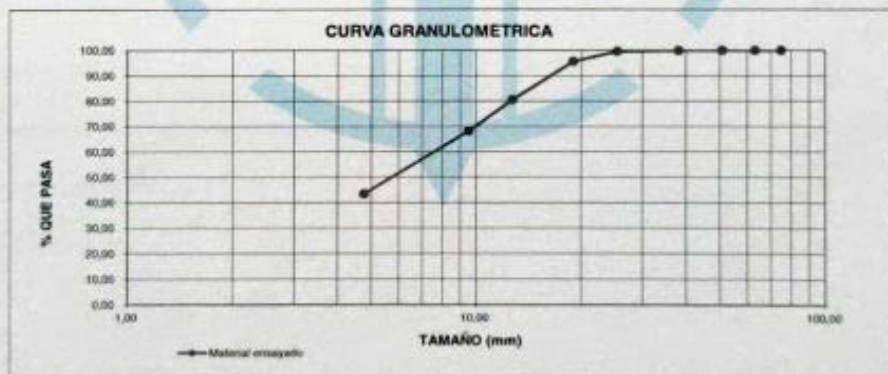
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO:

3/4 plg

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO:

1 plg

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
4"	100,00	0	0	0,00	100,00
3 1/2"	90,00	0	0	0,00	100,00
3"	75,00	0	0	0,00	100,00
2 1/2"	63,00	0	0	0,00	100,00
2"	50,80	0	0	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0	0	0,00	100,00
1"	25,40	40	40	0,44	99,56
3/4"	19,00	350	390	4,31	95,69
1/2"	12,70	1380	1770	19,56	80,44
3/8"	9,51	1106	2876	31,78	68,22
No.4	4,75	2241	5117	56,54	43,46
Pasa N° 4		3933	3933		
SUMA		9050	9050		



OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ventanilla y Av. 12 de Octubre  
Tel.: 593 2 299 1529  
Cel.: 098 704 9430  
Quito - Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

Ing. María Inés Cahó  
Responsable de Área



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



**PUCE**

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE HORMIGONES**

**INFORME DE ENSAYO  
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO FINO  
PROCEDIMIENTO GRAVIMÉTRICO**

**PROYECTO:** Control de Calidad  
**LOCALIZACIÓN:** Latacunga  
**MUESTRA:** Tomada por el Cliente  
**NORMA ENSAYO:** ASTM C 128

**SOLICITADO POR:** Darío Tumbaco  
**FISCALIZACIÓN:** .....  
**CONTRATISTA:** .....  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 25/06/2021  
**FECHA DE EMISIÓN:** 05/07/2021

**CANTERA:** San Agustín  
**LOCALIZACIÓN:** San Agustín  
**DESCRIPCIÓN:** Pómez (material pasante No. 4)

**ORDEN DE TRABAJO:** 5305 M  
**HOJA:** 3 de 7

**Gravedad específica seca =  $A / (B + S - C)$**

**Gravedad específica saturada con superficie seca =  $S / (B + S - C)$**

**Gravedad específica aparente =  $A / (B + A - C)$**

MASA DEL MATRAZ	Mm =	148,10	gr
MASA DEL MATRAZ + AGUA	B =	648,10	gr
MASA CONJUNTO MATRAZ, AGUA Y MUESTRA	C =	896,70	gr
MASA DE MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	S =	500,40	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA	A =	439,20	gr
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA</b>	<b>Ge =</b>	<b>1,76</b>	
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA</b>	<b>Ges =</b>	<b>2,00</b>	
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE</b>	<b>Gea =</b>	<b>2,33</b>	
<b>PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</b>	<b>Ab =</b>	<b>13,9</b>	<b>%</b>

**OBSERVACIONES:**

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.  
Director

Vintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel.: 593 2 299 1529  
Cel.: 098 704 9430  
Quito - Ecuador  
E-MAIL: PLACE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**PUCE**

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ÁREA DE HORMIGONES

INFORME DE ENSAYO

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO FINO  
PROCEDIMIENTO GRAVIMÉTRICO



PROYECTO: Control de Calidad  
LOCALIZACIÓN: Latacunga  
MUESTRA: Tomada por el Cliente  
NORMA ENSAYO: ASTM C 128  
CANTERA: San Agustín  
LOCALIZACIÓN: San Agustín

SOLICITADO POR: Dario Tumbaco  
FISCALIZACIÓN: .....  
CONTRATISTA: .....  
FECHA DE RECEPCIÓN: 25/06/2021  
FECHA DE EMISIÓN: 05/07/2021  
ORDEN DE TRABAJO: 5305 M  
HOJA: 6 de 7

Gravedad específica seca =  $A / (B + S - C)$

Gravedad específica saturada con superficie seca =  $S / (B + S - C)$

Gravedad específica aparente =  $A / (B + A - C)$

MASA DEL MATRAZ	Mm =	148,10	gr
MASA DEL MATRAZ + AGUA	B =	648,10	gr
MASA CONJUNTO MATRAZ, AGUA Y MUESTRA	C =	888,30	gr
MASA DE MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	S =	500,20	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA	A =	456,10	gr
GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA	Ge =	1,75	
GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges =	1,92	
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	Gea =	2,11	
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	Ab =	9,7	%

OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área



Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Tel: 593 2 299 1529  
Cel: 098 704 9430  
Quito - Ecuador  
LAC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**PUCE**

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE HORMIGONES  
INFORME DE ENSAYO**

**ABRASIÓN E IMPACTO POR LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES**

**PROYECTO:** Control de Calidad  
**LOCALIZACIÓN:** Latacunga  
**MUESTRA:** Tomada por el Cliente  
**NORMA ENSAYO:** ASTM C 131  
**CANTERA:** San Agustín  
**LOCALIZACIÓN:** San Agustín  
**DESCRIPCIÓN:** Pómez

**SOLICITADO POR:** Dario Tumbaco  
**FISCALIZACIÓN:** .....  
**CONTRATISTA:** .....  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 25/06/2021  
**FECHA DE EMISIÓN:** 05/07/2021  
**ORDEN DE TRABAJO:** 5305 M  
**HOJA:** 2 de 7

**Porcentaje de desgaste = ( C / A ) \* 100**

**Masa que pasa el tamiz No. 12 = ( A - B )**

**TAMANO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO:** 3/4 pig

**TIPO DE GRADACION:** B

MASA INICIAL DE LA MUESTRA	A=	5009	gr.
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ Nº 12 DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES	B=	2852	gr
MASA QUE PASA EL TAMIZ Nº 12	C=	2157	gr
<b>PORCENTAJE DE DESGASTE</b>	<b>D=</b>	<b>43</b>	<b>%</b>

**OBSERVACIONES:**

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. Maria Ines Calvo  
Responsable de Área

Ing. Jorge A. ...  
C.E. ...

Ventanilla y Av. 12 de Octubre  
Tel.: 593 2 299 1529  
Cel.: 098 704 9430  
Quito - Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad ...





**PUCE**

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
**ÁREA DE HORMIGONES**



**INFORME DE ENSAYO**

**PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (AGREGADO GRUESO)**

<b>PROYECTO:</b>	Control de Calidad	<b>SOLICITADO POR:</b>	Dario Tumbaco
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Latacunga	<b>FISCALIZACIÓN:</b>	.....
<b>MUESTRA:</b>	Tomada por el Cliente	<b>CONTRATISTA:</b>	.....
<b>NORMA ENSAYO:</b>	ASTM C 29	<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b>	25/06/2021
		<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	05/07/2021
<b>CANTERA:</b>	San Agustín	<b>ORDEN DE TRABAJO:</b>	5305 M
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	San Agustín	<b>HOJA:</b>	4 de 7
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Pómez		

MASA MOLDE	P =	3814.0	gr
VOLUMEN MOLDE	V =	6878.0	cm <sup>3</sup>
MASA MOLDE + MATERIAL SUELTO	A =	8144.0	gr
MASA MOLDE + MATERIAL COMPACTO	B =	8438.0	gr
MASA DEL MATERIAL SUELTO	Ms = A - P =	4330.0	gr
MASA DEL MATERIAL COMPACTO	Mc = B - P =	4624.0	gr
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>Ms / V =</b>	<b>630</b>	<b>kg / m<sup>3</sup></b>
<b>PESO UNITARIO COMPACTO</b>	<b>Mc / V =</b>	<b>672</b>	<b>kg / m<sup>3</sup></b>

**OBSERVACIONES:**

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

  
Ing. María Inés Calvo  
Responsable de Área

  
Ing. Jorge Albu, M.Sc.  
Director

Ventemilla y Av. 12 de Octubre  
Tel: 593 2 299 1529  
Cel: 098 704 9430  
Quito - Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





**PUCE**

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



**ÁREA DE HORMIGONES  
INFORME DE ENSAYO**

**PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (AGREGADO FINO)**

PROYECTO: Control de Calidad

SOLICITADO POR: Darío Tumbaco

LOCALIZACIÓN: Latacunga

FISCALIZACIÓN: .....

MUESTRA: Tomada por el Cliente

CONTRATISTA: .....

NORMA ENSAYO: ASTM C 29

FECHA DE RECEPCIÓN: 25/06/2021

FECHA DE EMISIÓN: 05/07/2021

CANTERA: San Agustín

ORDEN DE TRABAJO: 5305 M

LOCALIZACIÓN: San Agustín

HOJA: 7 de 7

MASA MOLDE	P =	1852,0	gr
VOLUMEN MOLDE	V =	2735,0	cm <sup>3</sup>
MASA MOLDE + MATERIAL SUELTO	A =	4023,0	gr
MASA MOLDE + MATERIAL COMPACTO	B =	4393,0	gr
MASA DEL MATERIAL SUELTO	Ms = A - P =	2371,0	gr
MASA DEL MATERIAL COMPACTO	Mc = B - P =	2741,0	gr
PESO UNITARIO SUELTO	Ms / V =	867	kg / m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO COMPACTO	Mc / V =	1002	kg / m <sup>3</sup>

OBSERVACIONES:

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Cayo  
Responsable de Área



Ing. Jorge Alvarado  
Director

Venustilla y Av. 12 de Octubre  
Tel: 593 2 299 1529  
Cel: 998 704 9430  
Quito - Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad.

