



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“EFECTOS DE LAS FIBRAS DE ACERO DRAMIX EN LAS  
PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO  
ESTRUCTURAL EN LA CIUDAD DE PUNO – 2017”**

PRESENTADO POR LA BACHILLER:  
**Nurian Miajummy Condori Fernandez**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO CIVIL**

JULIACA - PERÚ  
DICIEMBRE, 2017

## **DEDICATORIA**

A nuestro señor por cuidar mis pasos e iluminar mi sendero” por darme salud, fortaleza, voluntad y claridad en los pensamientos, es por su gracia que me encuentro en este momento tan importante de mi vida.

Con la gratitud más grande y el cariño eterno de hija. Dedico este trabajo a mis Padres Agustín Condori Seje y Rosaría Fernández Apaza. Por su apoyo paciente en la labor realizada para mi formación profesional.

A mis hermanas Soledad, Blanca, Rosalvina Por su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

Al alma mater “Universidad Alas Peruanas, a la facultad de Ingenierías y Arquitectura, en especial a la escuela académico profesional de Ingeniería Civil”, por haberme acogido en sus aulas y permitirme alcanzar un mayor desarrollo profesional.

A todos los docentes, amigos, con quienes he compartido las aulas y quienes siempre han estado ansiosos por adquirir mayores conocimientos, esperando sigamos avanzando en la dirección de la ciencia y tecnología, siempre a la vanguardia del conocimiento, lo que nos permitirá traer desarrollo para una sociedad justa y solidaria, cada vez con más humanidad.

## RESUMEN

El concreto con la adición de fibras de acero, es el concreto estructural, que su composición es cemento Portland, agregados, agua y fibras dramix. La incorporación de fibras de acero, ha permitido mejorar, aumentar su resistencia a la compresión y su capacidad de deformación y examinar el desarrollo de fisuras en el concreto. El objetivo de este estudio fue Analizar los efectos de las fibras de acero Dramix en las propiedades mecánicas del concreto estructural en la ciudad de Puno – 2017. Metodológicamente este estudio asumió el enfoque cuantitativo, se ha obtenido los datos a través de ensayos de laboratorio y por el propósito de estudio es de tipo básico o fundamental está orientado a determinar la resistencia a la compresión, mediante ensayos de laboratorio, por la naturaleza de estudio es experimental. Los resultados evidencian que el diseño de mezclas que se realizaron en un concreto normal y el uso de la Fibras de Acero Dramix que se realizaron demuestran que la dosificación óptima de Dramix 3D que generará la mayor resistencia a compresión en un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> estará entre el 2 y 3% respecto al volumen del agregado fino de la mezcla”, Mediante el ensayo de resistencia a compresión del concreto a 7, 14 y 28 días se muestra que el incremento que dan los porcentajes de 2% y 3%

Palabras clave: concreto estructural, fibras de acero, propiedades mecánicas

## ABSTRACT

Concrete with the addition of steel fibers, is the structural concrete, that its composition is Portland cement, aggregates, water and dramix fibers. The incorporation of steel fibers has allowed to improve, increase its compressive strength and its deformation capacity and to examine the development of cracks in the concrete. The objective of this study was to analyze the effects of Dramix steel fibers on the mechanical properties of structural concrete in the city of Puno - 2017. Methodologically this study assumed the quantitative approach, the data were obtained through laboratory and for the purpose of study is basic or fundamental type is oriented to determine the compressive strength, through laboratory testing, because the nature of the study is experimental. The results show that the design of mixtures that were made in a normal concrete and the use of the Dramix Steel Fibers that were made demonstrate that the optimum dosage of Dramix 3D that will generate the highest compressive strength in a concrete  $f'c$  210 kg / cm<sup>2</sup> will be between 2 and 3% with respect to the volume of the fine aggregate of the mixture. "By the test of compressive strength of concrete at 7, 14 and 28 days it is shown that the increase given by the percentages of 2% and 3 %

Keywords: Structural concrete, steel fibers, mechanical properties.

## INDICE

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Indice.....	v
Introducción .....	1
Capitulo I : Planteamiento Metodológico .....	2
1.1. Descripción De La Realidad Problemática .....	2
1.2. Delimitaciones De La Investigación.....	4
1.2.1. Delimitación Espacial.....	4
1.2.2. Delimitación Temporal .....	4
1.2.3. Delimitación Social/Conductual .....	4
1.2.4. Delimitación Conceptual .....	4
1.3. Planteamiento De Problema De Investigación .....	5
1.3.1. Problema General .....	5
1.3.2. Problemas Específicos .....	5
1.4. Objetivo De La Investigación.....	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos .....	6
1.5. Formulacion Hipótesis De La Investigación.....	6
1.5.1. Hipótesis General .....	6
1.5.2. Hipótesis Específico .....	6
1.6. Variables De La Investigación .....	6
1.6.1. Variable Independiente.....	6
1.6.2. Variable Dependiente: .....	7
1.6.3. Operacionalización De Variables .....	7
1.7. Metodología De La Investigación .....	7
1.7.1. Tipo Y Nivel De Investigación .....	7
A). Tipo De Investigación .....	7
B). Nivel De Investigación .....	8
1.7.2. Diseño Y Método De Investigación .....	8
A). Diseño De Investigación .....	8
B). Metodo De Investigación .....	9

1.7.3. Población Y Muestra De La Investigación.....	9
A). Población .....	9
B).Muestra .....	9
1.7.4. Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos .....	9
A). Técnicas.....	9
B). Instrumentos .....	10
1.8.Justificación E Importancia De La Investigación.....	10
A)Justificación .....	10
B) Importancia.....	10
C).Limitaciones.....	10
Capitulo II : Marco Teorico.....	11
2.1. Antecedentes De La Investigación .....	11
2.1.1. Antecedente Internacional .....	11
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	12
2.2. Bases Teóricas .....	13
2.2.1.Fibra .....	13
2.2.1.1. Tipos De Fibra .....	17
2.2.2. Fibras De Acero.....	18
2.2.3. Aditivo .....	20
2.2.4. Conceptos Fundamentales Definición Del Concreto.....	23
2.2.5. Cemento Portland Definición De Cementos Portland .....	23
2.2.6. Propiedades Físicas Y Químicas De Los Componentes Del Concreto.. .....	24
2.2.6.1. Cemento .....	24
2.2.6.2. Propiedades Fisicas Del Cemento Finura O Fineza .....	26
2.2.7. Los Cementos Del Perú .....	27
2.3. Propiedades Fisicas Y Quimicas De Los Agregados De La Cantera 28	
2.3.1. Cantera O Banco De Materiales.....	28
2.3.2. Propiedades Físicas.....	30
2.3.3. Ensayo De Peso Específico Y Absorción De La Área Equipos De Ensayo... .....	38
2.3.4. Equivalente De Arena Del Agregado Fino. ....	42
2.3.5. Ensayo De Abrasion De La Maquina De Los Angeles Astm, C131.....	43
2.3.6. Propiedades Quimicas .....	45
2.3.7. Propiedades Físicas Y Químicas Del Agua .....	47
2.4. Concreto .....	48
2.5. Elección Del Cemento A Emplear En Los Diseños De Mezclas De Concreto .....	49

2.5.1. Cemento Poetland Tipo I .....	50
2.6. Definición De Las Propiedades Del Concreto Fresco.....	50
2.7. Resistencia De La Probeta.....	52
2.8. Diseño De Mezclas .....	54
2.9. Marco Conceptual.....	67
Capitulo III : Propuesta Tecnica De La Investigacion .....	72
3.1. Diseño De Mezcla Para Concreto .....	72
3.1.1. Generalidades .....	72
3.1.2. Procedimientos Y Resultados De Los Ensayos Realizados .....	72
Capitulo IV :Presentación, Análisis E Interpretación De Resultados .....	80
4.1. Generalidades.....	80
4.2. Metodologia Para El Diseño De Mezcla.. .....	80
4.3. Analisis Y Justificacion De Resultados.....	83
4.3.1. Granulometria .....	83
4.4. Resultados De Las Propiedades De Los Agregados Gruesos De La Cantera Isla .....	83
4.4.1. Comparacion Del Revenimiento Del Concreto Patron Y Del Concreto Con Fibra De Acero Dramix 3d.....	84
4.4.2. Resultadosde La Evolucion De La Resistencia A La Compresnsion Del Concreto Patron Y El Concreto Con Fibra De Acero Dramix 3d A Los 7 Dias De Curado.. .....	85
4.4.3. Resultados De La Evolucion De La Resistencia A La Compresion Del Concreto Patron Y El Concreto Con Fibra De Acero Dramix 3d A Los 14 Dias De Curado .....	86
4.5. Resultados De La Evolucion De La Resistencia A La Compresion Del Concreto Patron Y El Concreto Con Fibra De Acero Dramix 3d A Los 28 Dias De Curado .....	88
Conclusiones .....	91
Recomendaciones .....	92
Referencias Bibliográficas. ....	93
Anexo 1 Matriz De Consistencia .....	95



## INTRODUCCION

En las últimas décadas se han realizado esfuerzos para mejorar la calidad y la durabilidad de los concretos aminorando al mismo tiempo los costos de producción. Es conocido que la adición de diferentes minerales puede contribuir a mejorar las características de los concretos. Entre estas se destaca el cambio de resistencia del concreto. La reducción de la dosis de cemento en las mezclas de hormigón abarata los costos del material, disminuye la contaminación asociada a la producción de cemento.

Desde el punto de vista económico, la vida útil de las infraestructuras se encuentra limitada por el deterioro de los materiales de construcción, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta. La penetración del agua y de las sustancias disueltas en ésta, pueden causar el deterioro del concreto armado. La durabilidad de los concretos dependerá en gran medida de la capacidad del mismo para resistir estos ataques.

En la actualidad, las fibras de acero son usadas como el principal refuerzo para losas de piso industriales, segmentos de túneles, dovelas prefabricadas y cada día se revela como el mejor producto para carreteras que soportan tráfico pesado. El concreto armado con fibras, es el concreto formado por un conglomerado hidráulico, generalmente cemento portland, áridos finos y gruesos, agua y fibras discontinuas y discretas.

La incorporación de fibras de acero, ha demostrado ser un medio eficaz para mejorar la tenacidad del material, aumentar su resistencia y su capacidad de deformación y controlar el desarrollo y la propagación de fisuras. El comportamiento mecánico de elementos de concreto reforzado con fibra metálica (SFRC) es significativamente distinto al de elementos de concreto convencional; aspectos como el módulo de ruptura, el agrietamiento por temperatura, el tamaño máximo de grieta ante cargas, el mecanismo de colapso y el comportamiento esfuerzo-deformación, entre otros, son algunos de los parámetros que presentan diferencias significativas.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

#### 1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

La monotonía y la estandarización del uso de elementos del concreto convencional en el diseño de los pavimentos rígidos, viene siendo hasta nuestros días la alternativa de solución en nuestro país y con mayor intensidad en los pavimentos que requieren las zonas precarias del desarrollo urbano, siendo este un problema en nuestro medio por la falta de la aplicación de los conocimientos y métodos actuales, y dando como resultado la insatisfacción de los gobiernos locales y la población usuaria con la corta duración de los pavimentos rígidos, pese a la inversión requerida y ejecutada no se logra el objetivo trazado, siendo esta de uso temporal debido a la falta de resistencia a flexión del concreto; generando el deterioro prematuro de los pavimentos rígidos.

Los profesionales en Ingeniería debemos tomar plena conciencia del rol determinante del concreto en el desarrollo nacional, considerando aspectos técnicos inherentes del mismo, así cuando se construyen estructuras de concreto deben cumplir con los requisitos de calidad, seguridad y vigencia en el tiempo (vida útil) que se espera de ellas.

El Concreto, es un material pétreo artificial que se obtiene al mezclar en determinadas proporciones cemento, agregados gruesos y finos, con agua; éste junto con el agua forman una pasta que rodea a los agregados, dando por resultado un material de gran durabilidad que fragua y endurece, incrementando su resistencia con el paso del tiempo. El concreto simple es resistente a la compresión, pero es débil a tracción, por lo cual se debe armar convenientemente con barras de acero que absorben los esfuerzos de tracción y evitan la formación de grietas en la masa del concreto (Fratelli, 1998). Una característica general del concreto es su agrietamiento

Por alteraciones volumétricas. Pero esta adición de barras de acero incrementaría en gran escala el costo del proyecto siendo imposible recurrir a esta solución. Sin embargo hoy en día se cuenta en el mercado con fibras de acero que al adicionar a la mezcla de concreto, distribuidas en forma discontinua y aleatoria, ayuda a controlar el fenómeno, evitando la concentración de grietas. (Perrero et al., 2.009). Frente a la falta del comportamiento dúctil del concreto, la falta de resistencia al corte, a la fatiga, al impacto de cargas repetidas en el pavimento rígido y en búsqueda de obtener un concreto con estas capacidades a un alto costo. dando origen al presente estudio adicionando Fibras de acero al concreto empleado para pavimentos rígidos en la obra construcción de pistas en la provincia de huamanga, las cuales son filamentos de acero trefilado, deformados y cortados en determinadas longitudes para el refuerzo del hormigón, mortero u otros materiales compuestos.

Al usar fibras metálicas de alta relación de esbeltez se puede reducir el espesor de la losa incrementando el espaciamiento entre juntas de dilatación, reduciendo así los tiempos de obra y ahorro en los costos de concreto por la reducción de espesores. Durante la elaboración del presente trabajo se utilizará Fibras Metálicas, las cuales son filamentos de acero, deformados y cortados en determinadas longitudes para el refuerzo del hormigón, mortero u otros materiales compuestos.

Al usar fibras metálicas de alta relación de esbeltez se puede reducir el espesor de la losa incrementando el espaciamiento entre juntas de dilatación, reduciendo así los tiempos de obra y ahorro en los costos de concreto por la reducción de espesores.

Por otra parte dicha fibra posee una serie de características importantes entre las cuales se destacan: (1) Filamentos de alambre estirados en frío, cortados y deformados; (2) Pueden ser de bajo o alto contenido de carbono; (3) Brillante, Galvanizado o Acero Inoxidable. Las tres ventajas del concreto con fibra metálica son: (1) concreto dúctil con una gran cantidad de soporte de carga, las fibras encoladas en peines se pueden

trabajar y mezclar muy fácilmente, su forma alargada y fina ofrece beneficios en la repartición del refuerzo; (2) Control eficaz de fisuras, los extremos de las fibras metálicas están adaptados para hacer posible un Buen anclaje y una fisuración controlada; (3) Alta resistencia a tracción.

## **1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.2.1. Delimitación espacial.**

El ámbito de estudio del presente trabajo de investigación es:

- Región : Puno.
- Provincia : Puno.
- Distrito : Puno.

### **1.2.2. Delimitación temporal.**

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo a partir de Julio del 2017 hasta Diciembre del 2017, tiempo que permitirá desarrollar y mostrar los resultados de la investigación.

### **1.2.3. Delimitación social/conductual.**

Esta investigación permitirá conocer aspectos relevantes en cuanto a la adición de fibras de acero al concreto, ya que en la actualidad este aspecto no es estudiado, por lo que es relevante realizar el estudio ya que contribuirá a mejorar los aspectos que se deben tomar en cuenta para mejorar las resistencia del concreto sobre todo en este clima que es adverso de la ciudad de Puno.

### **1.2.4. Delimitación conceptual.**

Esta investigación abarca dos conceptos fundamentales como fibras de acero y resistencia a la compresión ambos conceptos direccionaran el presente trabajo de investigación.

**Fibras de acero.** Las fibras en el concreto trabajan sin afectar la hidratación del cemento, su acción es puramente mecánica y es compatible con todo tipo de aditivos para concreto, en cuanto a la absorción, las fibras no tienen la propiedad de absorber agua, por lo tanto no se alterará el contenido de agua de diseño.

**Resistencia a la Compresión.** Se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm<sup>2</sup>) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo  $f_c$ . Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas especímenes de mortero o de concreto. (Arquitectura21, 2016).

### 1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACION.

#### 1.3.1. Problema General.

¿Cuáles serán los efectos de las fibras de acero Dramix en las propiedades mecánicas del concreto estructural en la ciudad de Puno - 2017?

#### 1.3.2. Problemas Específicos.

- ¿Cuáles son los efectos de las fibras de acero Dramix en la resistencia a la compresión de  $F_c$  210 kg / cm<sup>2</sup> del concreto estructural en la ciudad de Puno?
- ¿Cuáles son los efectos de las fibras de acero Dramix en la resistencia a la compresión de  $F_c$  175 kg / cm<sup>2</sup> del concreto estructural en la ciudad de Puno?

### 1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.

#### 1.4.1. Objetivo General.

Analizar los efectos de las fibras de acero Dramix en las propiedades mecánicas del concreto estructural en la ciudad de Puno – 2017.

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

- Analizar los efectos de las fibras de acero Dramix en la resistencia a la compresión de  $F_c$  210 kg / cm<sup>2</sup> del concreto estructural en la ciudad de Puno.
- Analizar los efectos de las fibras de acero Dramix en la resistencia a la compresión de  $F_c$  175 kg / cm<sup>2</sup> del concreto estructural en la ciudad de Puno.

#### **1.5. FORMULACION DE LA HIPOTESIS DE INVESTIGACION.**

##### **1.5.1. Hipótesis General.**

Los efectos de las fibras de acero Dramix en las propiedades mecánicas del concreto estructural son significativos en la ciudad de Puno – 2017.

##### **1.5.2. Hipótesis Específicas.**

- Los efectos de las fibras de acero Dramix en la resistencia a la compresión de  $F_c$  210 kg / cm<sup>2</sup> del concreto estructural son significativos en la ciudad de Puno
- Cuáles son los efectos de las fibras de acero Dramix en la resistencia a la compresión de  $F_c$  175 kg / cm<sup>2</sup> del concreto estructural son significativos en la ciudad de Puno.

#### **1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **1.6.1. Variable independiente.**

- Fibras de acero

##### **Indicadores:**

- 1 %
- 2%.

### 1.6.2. Variables dependientes.

- Resistencia mecánica a la compresión

#### Indicadores:

- Concreto Fc 210 kg / cm<sup>2</sup>
- Concreto Fc 175 kg / cm<sup>2</sup>

### 1.6.3. Operacionalización de Variables.

Tabla I.1.  
Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE (X) Fibras de acero	Proporciones	– 1 % fibra de acero – 2% fibra de acero
VARIABLE DEPENDIENTE (Y) Resistencia mecánica a la compresión	Concreto Fc 210 kg / cm <sup>2</sup>	– resistencia en compresión (Kg. /cm <sup>2</sup> ) 7 días 14 días 28 días
	Concreto Fc 175 kg / cm <sup>2</sup>	– resistencia en compresión (Kg. /cm <sup>2</sup> ) 7 días 14 días 28 días

Fuente: Elaboración propia.

## 1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

### 1.7.1. Tipo y nivel de Investigación.

#### a) Tipo de investigación.

El presente estudio asume el enfoque cuantitativo, se obtendrá los datos a través de ensayos de laboratorio y por el propósito de

estudio es de tipo básico o fundamental está orientado a determinar la resistencia a la compresión, mediante ensayos de laboratorio, por la naturaleza de estudio es experimental.

#### **b) Nivel de investigación.**

De acuerdo a las características y profundidad del estudio corresponde al nivel de investigación explicativo porque explicara la adición de fibra de acero se pretende aplicar los resultados a situaciones reales donde se ejecuten obras con concretos adicionados con fibras de acero.

### **1.7.2. DISEÑOS Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.**

#### **a) Diseño de investigación.**

La presente es una investigación asume el diseño experimental, transversal, la presente Investigación por sus características peculiares posee la validez interna y externa, consiste en administrar un estímulo o tratamiento a un grupo y después aplicar una de medición de una o más variables para observar cuál es el comportamiento de la adición de fibras de acero en concretos.

Dado que los objeto no se asignan al azar sino a los grupos, ni se emparejan, porque tal grupo ya existe como grupo intacto como comenta (Estévez Cullell, 2004) corresponde al diseño factorial, correspondiente a los diseños experimental puro como manifiesta Hernández y Baptista (Hernández, Baptista, & Fernández, 2006), debido a que se manipula dos variable Independiente; como factor 01, 02, (bloque; 1,2,) y factor 03 y 04 (bloque;3,4) para conocer la eficacia los resultados que se desea en la variable dependiente (ponderación exámenes de respuesta abierta) en la población en estudio, para lo cual se utilizará el siguiente esquema:



Tabla I.2.  
Factores de análisis del diseño de investigación

BLOQUES	Factor 01	Factor 02	Factor 03	Factor 04
B1	Bloque 01	Bloque 01	Bloque 01	Bloque 01
B2	Bloque 01	Bloque 01	Bloque 01	Bloque 01
B3	Bloque 01	Bloque 01	Bloque 01	Bloque01
B4	Bloque 01	Bloque 01	Bloque 01	Bloque01

Fuente Elaboración propia.

#### **b) Método de investigación.**

En la investigación se utilizara todo los pasos del método científico y como método general se utilizará el método deductivo.

#### **1.7.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **a) Población.**

La población estará constituida por la elaboración de concretos a tiempos diferentes como son a los 7,14 y 28 días, con una total de 12 briquetas de concreto.

##### **b) Muestra.**

El tipo de muestreo es no probabilístico, para el presente trabajo de investigación se utilizara las diferentes proporciones o dosificaciones de cal para la elaboración de concretos:

T1 = 01 % de fibra de acero (Testigo Patrón)

T2 = 1% de fibra de acero

T3 = 2 % de fibra de acero

#### **1.7.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

##### **a) Técnicas.**

- Toma de muestras:

- Mediciones
- Ensayo de laboratorios

**b) Instrumentos.**

- Equipos de laboratorio
- Instrumentos de medición

## **1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.**

**a) Justificación.**

La investigación aporta el estudio de las propiedades mecánicas, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y de la metodología de la elaboración del concreto adicionado con Dramix, asimismo se compara con el concreto patrón  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>. De igual manera este estudio es una base para realizar nuevas investigaciones respecto a este tipo de concreto.

**b) Importancia.**

La siguiente tesis de investigación es importante debido a que nos permitirá determinar si el concreto patrón adicionado con Dramix 3D es una gran solución para aumentar la resistencia a la compresión y flexión en dicho concreto sin aumentar excesivamente los costos para su realización.

**c) Limitaciones.**

La poca información existente sobre el objeto de estudio en nuestro medio es una limitante, ya que no se tiene referencias sobre estudios anteriores en nuestro medio, que permita tener una validación de estos aspectos, así mismo para realizar este tipo de estudios se requiere la coordinación con las instituciones pertinentes que muestran poco interés por realizar este tipo de estudios.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.

##### 2.1.1. ANTECEDENTE INTERNACIONAL.

Investigación: "Mejoramiento de la resistencia a la flexión del concreto con adición de viruta de acero con porcentajes de 6, 8, 10, 12 y 14% respecto al agregado fino de la mezcla", Bolivia: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.

Autor: Delgado, R. Delgado, E (2008).

La presente investigación está enfocada al estudio y mejoramiento del concreto a flexión con adición de viruta de acero, buscando una óptima dosificación la cual permita un incremento en la resistencia a la flexión y a la par una producción económica del mismo. Se elaboraron elementos para las edades a fallar de 3, 7 y 28 días para así obtener los suficientes datos de resistencia a la flexión.

Conclusión.- Se concluyó que la adición de viruta de acero optima y económica fue la de 10% respecto al agregado fino de la mezcla. Las fibras artificiales de mayor conocimiento son las de carbono, vidrio, de polipropileno y de acero. En las últimas décadas, el uso de las de polipropileno (además de otras fibras plásticas como las de polietileno) y de las de acero, le han permitido al concreto, un material frágil, aumentar su capacidad de trabajar en la condición agrietada, aumentando a su vez tenacidad, con lo cual se ha verificado un cambio en la tipología del material al convertirlo en un material cuasi-frágil, con mayores resistencias a esfuerzos de corte, flexión y tracción.

## 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Investigación: "**Análisis Comparativo del comportamiento del concreto simple con el concreto reforzado con fibras de acero Wirand**", Lima: Universidad Ricardo Palma.

Autor: Gamero, O. (2008).

La presente investigación compara el comportamiento del concreto simple con el concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF1 (Patente Maccaferri) con una dosificación de 20 kg/m<sup>3</sup>, 25 kg/m<sup>3</sup> y 35 kg/m<sup>3</sup> respecto a la cantidad de litros de agua usados en la mezcla. Se usa un cemento Portland Tipo IP.

Conclusión.- Se concluye que el peso unitario va en aumento continuo desde el concreto patrón y el concreto adicionado con Wirand, El contenido de aire se mantiene constante en todos los concretos, sin embargo la exudación disminuye gradualmente desde el concreto patrón y el concreto reforzado con Wirand. Los porcentajes de exudación son parecidos debido a que el asentamiento del concreto patrón y del concreto reforzado se mantiene constante con 3".

Investigación: "**Comparación de la resistencia equivalente a la flexión entre las fibras de acero Wirand producidas en Italia y las producidas en Perú**" Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Autor: Córdova, C. Cuellar, L. Guizado, M. (2012).

La presente investigación realiza un análisis comparativo entre las fibras de acero Wirand respecto a su resistencia a la flexión y su lugar de producción. Comprobando sus especificaciones técnicas además de desarrollar un diseño de pavimentos en los cuales comprueba el comportamiento de las fibras y las analiza mediante los métodos PCA, COE, WRI, Británico.

Conclusión.- Se concluye que bajo las mismas condiciones de dosificación y resistencia los valores de ductilidad y tenacidad para la fibra Wirand FF1 son menores que los valores de la fibra FF3, lo cual es una comprobación a sus especificaciones técnicas de cada fibra.

Además que la resistencia a la compresión aumenta de 0 a 15% si el volumen de la fibra es del 1.5% respecto a todo el volumen de la mezcla.

## **2.2. BASES TEORICAS.**

### **2.2.1 Fibra**

#### **Antecedentes**

A lo largo del tiempo, el hombre en su afán de perfeccionar los materiales de construcción para mejorar sus condiciones de vida. Es así que en el antiguo Egipto se inicia a añadir paja en el macizo arcilloso con el cual se fabricaron ladrillos con el objetivo de otorgarle mayor resistencia a y por tanto un buena manejabilidad después de la cocción al sol.

Es así como se inicia el mejoramiento de los materiales de construcción con diferentes tipos de fibras a lo largo del tiempo, como por ejemplo: revoques reforzados con crin de caballo, fibras de cemento en la pasta de cemento, etc. Ya por los últimos tiempos industrias de producción de materiales las utilizaron en la fabricación de cerámicos, plásticos, cementos con el fin de mejorar sus propiedades a la tracción, compresión, a impactos, control de fisuras entre otros.

Ya por los años 1950 es cuando si inicia los primeros estudios de fibras de acero y vidrio en el concreto; y 1960 se realizaron los primeros estudios de concreto fibroreforzado con fibras sintéticas.

#### **Concreto reforzado con fibras**

La utilización de fibras en el interior de la matriz del hormigón tiene como finalidad la formación de un material diverso en el cual el conglomerado,

que ya puede ser considerado un material diferente constituido por un esqueleto lítico dispersado en una matriz de pasta de cemento hidratada, está unido a un agente reforzante formado por un material fibroso de distinta naturaleza. (MACAFFERI, 2007, pág. 9)

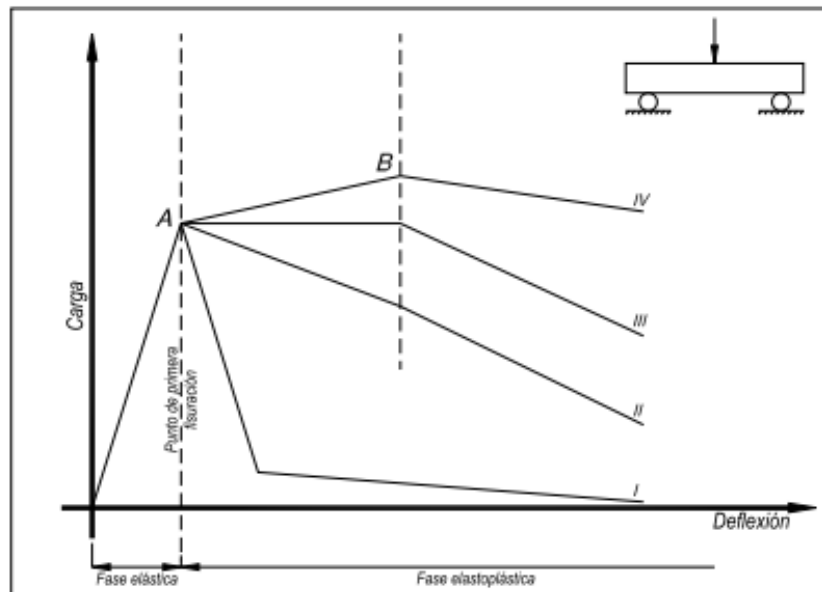
De igual manera dotar al concreto con fibras con una adecuada resistencia a la tracción, homogéneamente distribuida dentro del concreto, hace que constituya una micro-armadura la cual muestra una extremada eficacia al contrarrestar el fenómeno de figuración por retracción y a la par brinda al concreto una ductilidad que puede llegar a ser considerada en la medida que la resistencia y la cantidad de las fibras sea elevado, confiriendo así al concreto una gran tenacidad. (MACAFFERI, 2007, pág. 9)

Como ya se sabe, en la mayoría de los códigos de diseño no se toma en cuenta la resistencia a la tracción del concreto por tener una conducta frágil, pero al momento de la inclusión de una matriz fibroreforzada, la propiedad a la tracción se logra elevar de manera que puede llegar a ser considerada con fines de diseño.

La evaluación de estas propiedades de resistencia será efectuada directamente mediante ensayos de flexión sobre vigas los cuales serán explicados en los capítulos siguientes.

En el siguiente gráfico se puede observar claramente las diferentes respuestas del concreto fibroreforzado mediante ensayo de flexión.

Figura II.1.  
Ensayos de flexión a concretos adheridos con fibras



Fuente: (MACAFFERI, 2007).

Curva I esquematiza el comportamiento de un hormigón normal sin refuerzo. La estructura, siendo isoestática (la viga simplemente apoyada en sus extremos), una vez alcanzada la carga de primera fisuración, esta colapsa de inmediato, siendo el típico comportamiento de un material frágil.

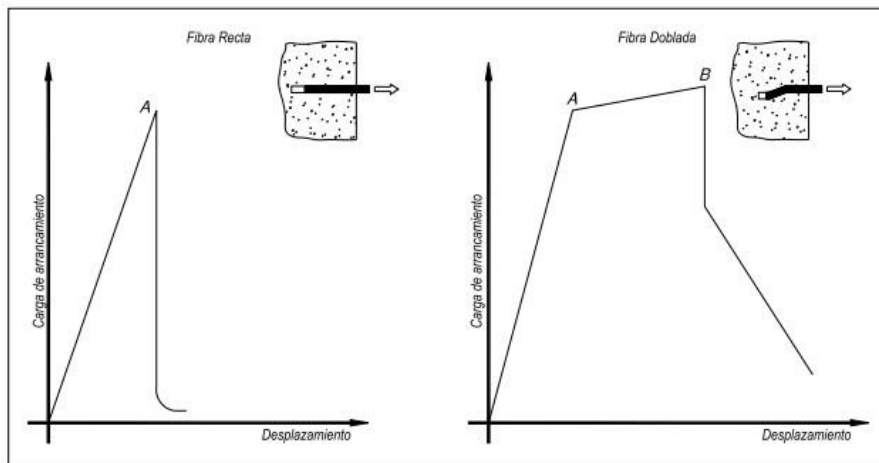
Curva II muestra alguna capacidad del hormigón (fibroreforzado) para absorber después del punto de primera fisuración cierta carga, aunque baja (A-B), con luego un colapso más lento (comportamiento suavizado).

Curva III en cambio es típica de un material dúctil el cual muestra un hormigón capaz de soportar, a partir del punto de primera fisuración, un desplazamiento importante (A-B) bajo carga constante, bastante antes del aún más lento colapso (comportamiento plástico).

Curva IV finalmente evidencia inclusive un cierto incremento de carga soportable bajo un amplio desplazamiento (A-B), después del punto de primera fisuración (comportamiento endurecido). (MACAFFERI, 2007)

Asi también se puede observar en el siguiente grafico la influencia de la geometría de la fibra (formas y dimensiones longitudinales y transversales) sobre el comportamiento del FRC (Fiber Reinforced Concrete) y el SFRC (Steel Fiber Reinforced Concrete) ya que la no producirse la extracción impedida por la adherencia real e impuesta entre la fibra y el concreto, puede llevar a la ruptura de la fibra por una insuficiencia de su resistencia a la tracción.

Figura II.2.  
 Incremento de la adherencia fibra-concreto con la forma de la fibra



Fuente: (MACAFFERI, 2007).

Figura II.3.  
 Importancia de la resistencia a tracción de la fibra. Energía Absorbida

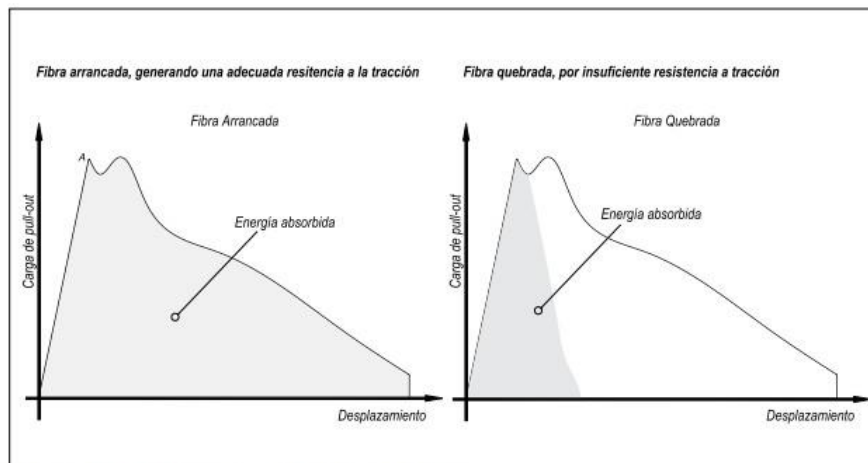


Gráfico 2.4 – Importancia de la resistencia a tracción de la fibra. Energía absorbida.

Fuente: (MACAFFERI, 2007).



### 2.2.1.1. TIPOS DE FIBRAS.

En la actualidad existen diferentes tipos de fibras, las cuales están en función a la materia prima por la cual esta producidas:

- Metálicas: aceros de carbono y ligados, aluminio
- Naturales: amianto (asbesto), celulosa, carbón.
- Sintéticas: nylon polipropileno, poliacrilo nitrilo, polivinil alcohol.

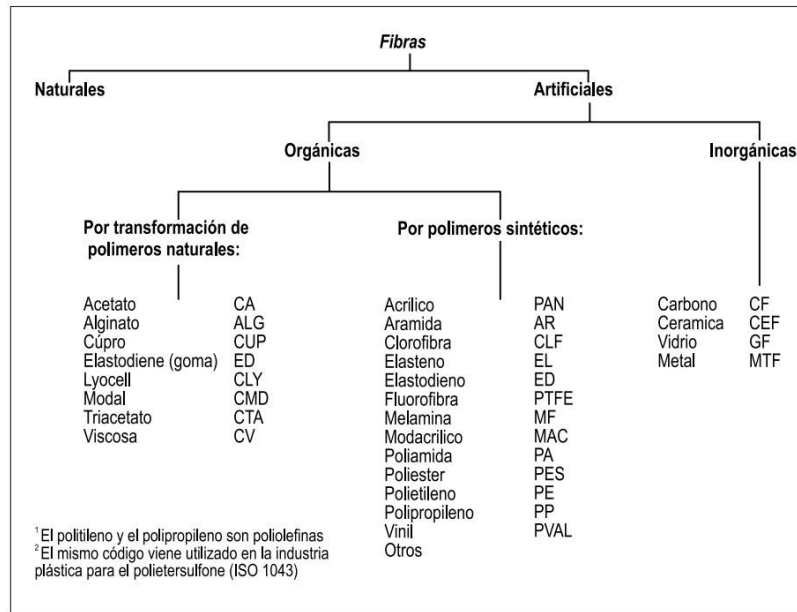
Tabla II.1.  
Características mecánicas de las fibras

Fibras	Diámetro (μm)	Densidad (10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> )	Modulo elástico (kN/mn <sup>2</sup> )	Resistencia a tracción (kN/mn <sup>2</sup> )	Elongación a ruptura (%)
Acero	5 - 500	7,84	200	0,5 - 2	0,5 - 3,5
Vidrio	9 - 15	2,60	70 - 80	2-4	2 - 3,5
Amianto	0,02 - 0,04	3,00	180	3,30	2 - 3
Polipropileno	20 - 200	0,90	5 - 7	0,5 - 0,75	8
Nylon	-	1,10	4	0,90	13 - 15
Poliétileno	-	0,95	0,30	0,0007	10
Carbono	9	1,90	230	2,60	1
Kevlar	10	1,45	65 - 133	3,60	2,1 - 4
Acrílico	18	1,18	14 - 19,5	0,4 - 1	3

Fuente: (MACAFFERI, 2007)

Por lo general las fibras fueron clasificadas según por BISFA (esta clasificación se refieren a todos los tipos de fibras y no solo a las utilizadas con el concreto):

Figura II.4.  
 Clasificación de las fibras según BISFA



Fuente: (MACAFFERI, 2007)

### 2.2.2. Fibras de Acero.

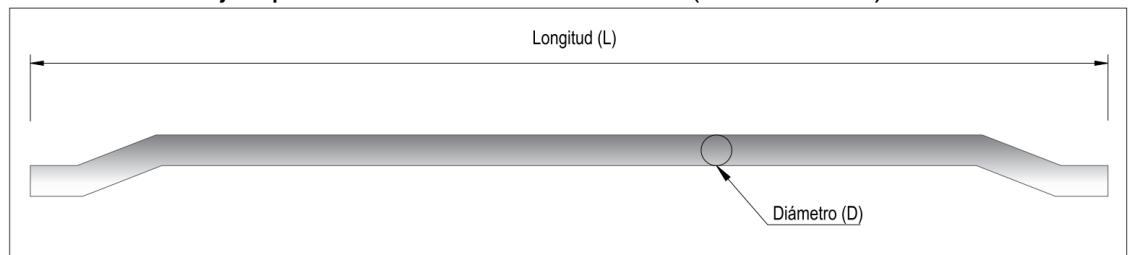
Según la clasificación de las fibras de acero según las normas ASTM, solo reconoce los siguientes que se muestran a continuación.

- Tipo I: Alambre trefilado en frío
- Tipo II: Hojas sueltas
- Tipo III: Extraídos a fusión.
- Tipo IV: Otros tipos de fibras.

Las fibras de alambre trefilado en frío son procesadas a través de esferas de acero que son estiradas para formar hilos de alambre de sección circular que posteriormente son fruncidas para formar fibras deformadas; la fibra Dramix 3D pertenece al primer grupo. Estas están caracterizadas por ser de forma rectilínea y doblada. Los extremos de ambas fibras son mecánicamente deformados para proveer una máxima adhesión entre las fibras de acero y el concreto.

A continuación se muestra la geometría de la fibra:

Figura II.5.  
Ejemplo de fibra doblada metálica (DRAMIX 3D)



Fuente: (MACAFFERI, 2007)

Las características de la fibra de acero Dramix 3D son las siguientes:

Tabla II.2.  
Características mecánicas de la fibra de acero DRAMIX 3D

Código de la fibra	Material de producción	Resistencia a tracción	Dimensiones			
			Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Relación de	Número de
Dramix 3D	Alambre trefilado en frío	1.115	50	1.05	45	2802

Fuentes: adaptado de (BEKAERT)

Las fibras son utilizadas como refuerzo del concreto y poseen una superficie homogénea. Además, poseen un recubrimiento de zinc que permite su protección ante climas agresivos.

Por otro lado según la empresa PRODAC se debe tener en cuenta esta dosificación:

- Dosificación mínima: 20 kg/m<sup>3</sup>

### **Ventajas en las propiedades mecánicas y térmicas al concreto**

**Ductilidad:** Las fibras de acero mejoran el comportamiento del hormigón y aumentan sus propiedades mecánicas al originar el aumento de la resistencia a la tracción. También imparte una ductilidad post-grieta a la

matriz de cemento evitando el comportamiento frágil de su naturaleza. Las mejoras de la ductilidad dependen de la cantidad de fibras que han sido añadidas al concreto y su la mejora de su resistencia depende del enganche que poseen.

Compresión: Se puede observar un aumento de la compresión de 0 a 15% si la cantidad de fibras colocadas es mayor al 1.5% del volumen total.

Tensión directa: La influencia en la tracción directa es muy importante ya que es del orden de 30 a 40% si la cantidad de fibras colocadas es mayor al 1.5% del volumen total.

Cortante y torsión: Aunque no hay mucha información desarrollada acerca de los efectos en el corte y torsión que producen las fibras, esta propiedad se ve modificada de acuerdo al alineamiento de las fibras.

Debido al aumento de la tenacidad, se acrecienta la capacidad de absorción de energía en la deformación post-figuración.

Asimismo, se posee un mayor control de las grietas ocasionadas por la exudación del concreto y el flujo plástico. Además provee una mejor performance ante ciclos de fatiga, control de la permeabilidad, aumento de la capacidad de carga, control de la penetración de agentes oxidantes.

### **2.2.3. Aditivo.**

Un aditivo es definido, tanto por el Comité 116R del American Concrete Instituto (ACI), como por la norma ASTM C125, es definido como un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado. Los aditivos utilizados como componentes del concreto o del mortero, se añaden a estos durante el mezclado con la finalidad de:

- Modificar convenientemente su comportamiento en estado fresco, a fin de que sean más adecuados al trabajo que se está efectuando.
- Incluir o mejorar determinadas propiedades deseables en el estado endurecido.
- Reducir los costos de operación.
- Aditivo plastificante PLASTIMENT HE-98 (SIKA)

Es un aditivo plastificante e impermeabilizante de cloruros que produce en el concreto un aumento en su trabajabilidad logrando una reducción en la relación agua / cemento. De aspecto Líquido, Pardo oscuro, en base de lignosulfonato modificado.

### **Usos**

Recomendable en todos los concretos de obras civiles, edificaciones, prefabricados y en general, en toda obra de concreto donde:

- Se exija un concreto de calidad.
- Se tenga que elaborar elementos esbeltos.
- Se requiera superficies en concreto caravista.
- Se necesite facilitar las labores de colocación.
- En obras hidráulicas.

### **Ventajas.**

Mejora la trabajabilidad en el concreto fresco, facilitando las labores de colocación de este.

Permite reducir el agua de amasado en el concreto produciendo incrementos en las resistencias mecánicas.

- Aumento de la impermeabilidad.
- Disminución de las retracciones.
- No contiene cloruros.

- Colocación del concreto con una ligera vibración en los lugares con gran cuantía de acero o poco accesible.
- Rapidez en la colocación del concreto bombeado gracias a la mejora de su trabajabilidad (slump)

### **Dosificación**

La dosis varía aproximadamente entre 2.5cm<sup>3</sup> a 6cm<sup>3</sup> por kilogramo de cemento. Para lograr una buena impermeabilidad, la dosis mínima debe ser 3.3 cm<sup>3</sup> por kilogramo de cemento o cuarto de litro por bolsa de cemento.

### **Modo de aplicación**

- Plastiment HE-98 se utiliza diluido en la última parte del agua de amasado del concreto de acuerdo a la dosificación prescrita.
- Se recomienda no preparar soluciones de antemano, por cuanto el aditivo tiene mayor densidad que el agua.
- Si no se dispone de dosificadores de aditivo, debe emplearse un recipiente con la medida exacta para cada amasado.
- La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales, tipo de cemento y en las condiciones de obra.
- Dosificaciones superiores a la recomendada puede ocasionar incorporación de aire en la mezcla.

### **Manipulación del aditivo.**

Evitar el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad.

#### **2.2.4. Conceptos fundamentales Definición del concreto.**

El concreto es una mezcla de cemento Portland Agregado fino agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia.

El agua y el cemento reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados constituyendo un material heterogenia. En algunas veces en casos especiales se añaden aditivos para que cumpliera ciertos fines requeridos. Entonces podemos decir que el concreto es:

CONCRETO= cemento portland + agregados + aire + agua

#### **Materiales componentes del concreto**

**Ligante:** Cemento, Agua.

**Agregados:** Agregado fino: arena, Agregado grueso: grava piedra chancada.

#### **2.2.5. Cemento Portland Definición de cementos portland.**

El cemento portland es un producto comercial de fácil de adquisición el cual se mezcla con agua como puede ser con combinación con arena o grava u otros materiales similares tiene la propiedad de reaccionar lentamente con agua hasta formar una masa endurecida.

Esencialmente es un Clinker finalmente molido, Producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezcla que contiene cal, alúmina, fiero y sílice en proporciones determinadas.

Cemento portland = Clinker portland + yeso

**Usos y aplicaciones de los cementos portland Según el tipo de cemento.**

**Tipo I:** Para construcciones de concreto y mortero de uso general y cuando no se requiera propiedades específicas, se utiliza en concretos que no

estén sujetos al ataque de factores agresivos como podría ser la presencia de sulfatos en el suelo o en el agua.

**Tipo II:** En obras donde se requiera resistencia moderada a la acción de los sulfatos (Ejemplo Estructuras de drenaje) y/o moderado Calor de hidratación (consecuencia de la hidratación del cemento). Se recomienda en edificaciones, estructuras industriales, puentes, obras portuarias, perforaciones y en general en todas aquellas estructuras de volumen considerable, y en climas cálidos.

**Tipo III:** Para obras que requiera alta resistencia elevadas a edades tempranas, normalmente a menos de una semana (Ej.: adelanto de la puesta en servicio) y también en obras de zonas frías su uso permite reducir el curado controlado.

**Tipo IV:** Para Estructuras se requiera bajo Calor de Hidratación, caso de represas, centrales hidroeléctricas y obras de grandes masas de concreto, también debe tenerse en cuenta que este cemento desarrolla resistencias a una velocidad inferior a la de los otros cementos.

**Tipo V:** Además de las cualidades del Tipo II, es recomendado para obras donde se requiera elevada resistencia a los sulfatos. Es el caso de obras portuarias expuesta al agua de mar También en canales, alcantarillas, túneles, suelos con alto contenido de sulfatos. Estos cementos desarrollan resistencias más lentamente que los cementos tipo I, incrementan su resistencia a los sulfatos.

## **2.2.6. Propiedades físicas y químicas de los componentes del concreto.**

### **2.2.6.1 Cemento.**

#### **a) Fabricación de cemento portland.**

La materia prima, material calizo y material arcilloso se tritura mezcla y muele hasta reducirla a un polvo fino. Los procedimientos



de mezcla y molido pueden efectuarse en seco y molido puede efectuarse por vía húmeda. La dosificación de los materiales debe ser la adecuada a fin de evitar perjuicios en la calidad.

Este material está compuesto de un elemento finamente molido llamado Clinker, que viene a ser el producto final de mezclas de otros materiales tales como cal, sílice, fierro y alúmina que en proporciones determinadas logran las propiedades deseadas. Por lo tanto el cemento Portland, está constituido por varios compuestos de silicatos y aluminatos de calcio que son compuestos hidratados resultados de las reacciones exotérmicas.

### **Materias primas**

El cemento portland está constituido por una mezcla de materias primas de naturaleza y son:

1. **Materiales calcáreos:** Deben tener un adecuado contenido de carbonato de calcio ( $\text{Co}_3\text{Ca}$ ) que será entre 60% a 80%, y no deberá tener más de 1.5% de magnesio. Aquí tenemos a las margas, cretas y calizas en general estos materiales suministran el óxido de calcio o cal.
2. **Materiales arcillosos:** Deben contener sílice en cantidad entre 60% y 70%. Estos materiales proveen el dióxido de silicio o sílice y también el óxido de aluminio o alúmina, aquí tenemos a las pizarras, esquistos y arcillas en general.
3. **Minerales de fierro:** Suministran el óxido férrico en pequeñas cantidades. En algunos casos éstos vienen con la arcilla.
4. **Yeso:** Aporta el sulfato de calcio. El yeso se añade al Clinker para controlar (retardar y regular) la fragua. Sin el yeso, el cemento fraguaría muy rápidamente debido a la hidratación violenta del aluminato tricálcico y el ferro aluminato tetracálcico.

## b) Propiedades químicas del cemento.

El cemento está compuesto por los siguientes componentes químicos.

Tabla II.3.  
Compuestos químicos del cemento

COMPUESTO	SIMBOLO	SIMBOLO SIMPLIFICADO
Silicato Tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C3S
Silicato bicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C3A
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C4AF

Fuente: Ing. Enrique Rivas López, materiales para el concreto pág. 47.

### 2.2.6.2 Propiedades físicas del Cemento Finura o fineza.

La finura o fineza del cemento afecta a la rapidez de la hidratación. Al aumentar la fineza del cemento aumenta la rapidez a la que se hidrata el cemento acelerando la adquisición.

El mayor efecto que tiene la finura del cemento es que aumenta la velocidad de adquisición de la resistencia inicial del concreto, produce también una menor exudación y un mayor efecto en las posibles expansiones.

El efecto contrario es que si los granos de cemento tienen diámetros mayores a 60 micras, no podrán hidratarse por completo, por lo tanto reducir la resistencia del concreto.

### **Peso específico.**

El peso específico del cemento portland generalmente es aproximadamente es de 3.15 gr/cm<sup>3</sup> (que es el valor que suele emplearse en los cálculos); el peso específico de los cementos es menor, variando entre 2.12 y 2.97 el peso específico del cemento no indica la calidad del mismo; y su principal uso es para la selección de las proporciones de la mezcla en el presente proyecto empleamos 3.15 gr/cm<sup>3</sup>.

### **Tiempo de fraguado.**

Los tiempos de inicio y final son relativos dependiendo de una serie de factores, tales como la Temperatura, ya que a mayor temperatura existirá más rapidez en el fraguado y viceversa, otro factor como la finura del cemento, donde a mayor finura mayor rapidez en el tiempo de fraguado, y otro factor como la cantidad de agua, donde a menor cantidad de agua más rapidez en el tiempo de fraguado.

El inicio del tiempo de fraguado, se determina cuando la masa empieza a perder la plasticidad.

El final del tiempo de fraguado se determina cuando la pasta del cemento deja de ser deformable y se convierte en un bloque rígido.

### **2.2.7 Los Cemento en el Perú.**

En el Perú actualmente tenemos las siguientes empresas cementeras

Tabla II. 4.  
 Fabricación del Cemento

FABRICANTE	UBICACIÓN DE LA FÁBRICA	Tipos de Cemento que Producen
Cementos Lima S.A. 46%	Lima	Tipo I (Sol I) Tipo IP (Super Cemento Atlas) Tipo II (Sol II)
Cemento Andino S. A. 19%	Tarma – Junín	Tipo I (Andino I) Tipo II (Andino II) Tipo V (Andino V) Tipo IPM (Andino IPM)
Yura S. A. 14%	Yura – Arequipa	Tipo I (Yura I) Tipo IP (Yura IP) Tipo IPM (Yura IPM), Cemento de Albañilería – Marca "estuco Flex".
Cemento Pacasmayo S. A. 13%	Pacasmayo – La Libertad	Tipo I (Pacasmayo I) Tipo II (Pacasmayo II) Tipo V (Pacasmayo V) Tipo MS (Pacasmayo IMS) Tipo IP (Pacasmayo IP) Tipo ICo (Pacasmayo ICo).
Cementos Sur S. A. 5%	Juliaca - Puno	Tipo I (Rumi I) Tipo II (Rumi II) Tipo V (Rumi V) Tipo IPM (Inti).
Cementos Selva S. A. 1%	Pucallpa - Ucayali	Tipo I, Tipo ICo, Tipo II, Tipo V, Tipo IP.

Fuente: [http://cybertesis.urp.edu.pe/urp/2008/tello\\_am/pdf/tello\\_am-TH.1.pdf](http://cybertesis.urp.edu.pe/urp/2008/tello_am/pdf/tello_am-TH.1.pdf).

En nuestro medio el más comercializado de los cementos es el cemento portland tipo I que es convencional, de desarrollo de resistencias a edades tempranas, como también en la actualidad han aparecido otros cementos como son, el cemento sin fronteras, cemento Yura, entre otros.

## 2.3 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERAS.

### 2.3.1 Cantera o banco de materiales.

**Definición.-** Se define cantera a los banco de materiales donde hay volumen suficiente de los agregados para elaboración de concreto a los afloramientos rocosos de los que se extrae un material específico tales como agregado natural y artificial como son piedra, grava, fina etc. para fines constructivos.

En nuestro interés el estudio de las canteras de donde se extrae agregado para la elaboración de concreto, que requieren agregados con diferentes

características y requisitos que iremos analizando de acuerdo a ensayos que en el laboratorio, hay que realizar para determinar si los agregados a emplear son o no aptos para elaboración de concreto.

La calidad de agregado es importante desde que aproximadamente  $\frac{3}{4}$  partes de volumen del concreto es ocupada por este. Se sabe debido sus propiedades físicas y mecánicas y químicas, tiene influencia determinante sobre las propiedades del concreto, especialmente en su resistencia y durabilidad.

El agregado tiene un papel determinante en las propiedades del concreto, interviene en la resistencia mecánica, la durabilidad, el comportamiento elástico, los agregados, los mayores constituyentes del concreto son críticos para el comportamiento de este, tanto como en estado fresco como en el endurecido.

Adicionalmente sirve bajo costo e imparten beneficios a la mezcla, no obstante que el agregado constituye el material que en el más alto porcentaje interviene en la unidad cúbica del concreto, el estudio del agregado es un papel importante que desempeña en el comportamiento de este.

Además de los efectos específicos sobre las diversas propiedades del concreto, las características físicas químicas, mecánicas de los agregados tienen efecto importante no solo en acabado en la calidad final del concreto sino también en la trabajabilidad y consistencia al estado plástico. Así como en la durabilidad, resistencia.

Considerando este concepto, el estudio de las canteras de donde se extrae el agregado es con fines constructivos para obras civiles.

- a) Origen.-** Las canteras donde se extraen para la elaboración de concreto en la Provincia de Puno la mayoría de estas canteras son de origen sedimentario, donde la acción erosiva de las aguas

pluviales, la fuerza hidráulica y el acarreo de estos minerales, nos proporcionan un agregado de forma redondeada, denominados cantos rodados.

**b) Característica de los agregados.-** Las características de los agregados deberán cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C33 así para poder tener un concreto de resistencia deseado estos agregados deberán de ser aprobada por la inspección que cumpla con aquellos ensayos que esta considere necesario por tanto el contratista como la inspección deben recordar que un comportamiento satisfactorio en el comportamiento del pasado de otras obras no significa que el comportamiento será lo mismo.

Los agregados que no cumplan con los requisitos de la norma ASTM C 136 serán con el previo tratamiento de acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio.

### **2.3.2 Propiedades físicas.**

#### **❖ Granulometría.**

Consiste en la separación por tamaños y calificación de las partículas del mismo. La separación se logra con una serie de tamices de aberturas determinadas según las especificaciones.

La granulométrica del agregado nos permite conocer la distribución de tamaños en función a sus volúmenes, pero representados en este ensayo en función a sus pesos retenidos en mallas.

Las partículas deberán tener un comportamiento óptimo en la mezcla, y esto solo se obtendrá, conociendo que el agregado grueso aporta con su resistencia y su volumen, y el agregado fino actúa como lubricante para la suspensión de los agregados gruesos en la mezcla, aportando en mejorar la consistencia y la trabajabilidad de la mezcla.

La granulometría debe ser de buena gradación como específica la normatividad, Por lo que concluimos que una granulometría Óptima origina en la mezcla una alta densidad, buena trabajabilidad y un mínimo contenido de cemento.

#### ❖ **Agregado grueso**

Los agregados gruesos es llamado el material retenido en las mallas de 3" hasta el N° 4 de la tamiz y son empleados en el ensayo son los normados por la NTP 400.012 y ASTM C-33 cuyas aberturas de las tamices son: 3", 2 1/2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y la Nro.4.

**Gravas.-** comúnmente llamado "canto rodado" es el conjunto de fragmentos de pequeñas piedras, proveniente de la desintegración natural de las rocas, por acción de hielo y otros agentes atmosférico, encontrándoles corrientemente en canteras y lecho del río depositados en forma natural.

**Piedra partida o chancada.-** se denomina al agregado grueso obtenido de la trituración artificial de rocas o grava, Como agregado grueso se puede usar cualquier piedra partida siempre que sea limpia dura y resistente.

Su función principal es la de dar volumen y aporte a su propia resistencia los ensayos indican que la piedra chancada o partida da concretos ligeramente más resistentes que los hechos con piedra redondeada.

En el agregado grueso se debe tener encuenta cuando se carece de algunos tamaños en la granulometría, ya que esto implica una posible segregación, por lo que siempre se debe tener cuidado que posea continuidad en sus partículas, su graduación recomendable depender del tamaño máximo del agregado. Tal como indica la siguiente tabla:

Tabla II.5.  
Porcentajes

Tamaño Máximo	Porcentajes que pasan por las siguientes mallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nr o.4	Nr o.8
2"	95-100	-----	35-70	-----	10-30	-----	0-5	-----
1 1/2"	0	95-100	-----	35-70	-----	10-30	0-5	-----
1"	10-100	0	-----	95-100	-----	25-100	0-10	0-5

Fuente: ENRIQUE RIVVA LOPEZ, Diseño de mezclas. pág. 36

Si el agregado no cumple con el rango especificado, no será motivo para descartarlo sin antes haber realizado pruebas curva granulométrica y observar su comportamiento, Si este es Óptimo podrá ser utilizado sin problemas.

### Características.

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la norma mencionada anteriormente o la norma ASTM C33 los cuales están indicados en la tabla 02.04 es recomendable tener las siguientes consideraciones.

- a) La granulometría seleccionada deberá de ser de preferencia continua
- b) La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto. Con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- c) La granulometría seleccionada no deberá tener más de 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más de 6 % de agregado que pasa la malla 1/4".



### **Efectos del agregado grueso.**

Los agregados a base de grava producen resistencias adecuadas en elementos en compresión pura, debido a su mayor facilidad de acomodo del agregado, y a la consiguiente menor demanda de agua por unidad cúbica del concreto, que permite obtener una menor relación de agua cemento para la misma consistencia, y por tanto una mejor resistencia en compresión.

En elementos en flexión y flexo compresión, la grava presenta desventajas en relación al agregado de perfil angular y textura rugosa, dado que se obtiene una mejor resistencia por adherencia presentándose superficies en las que el mortero tendrá menores posibilidades de ligarse bien.

El agregado fino producido por rotura del grueso durante el proceso de transporte, no tiene efecto importante sobre la resistencia en compresión del concreto.

### **❖ Agregado Fino**

Le llamamos aquel que proviene de la desintegración natural de las rocas que pasa por tamiz 9.5 mm (3/8") según la norma NTP 400.037.

El agregado fino se considera a la arena natural o manufacturada o combinación de ambos. Sus partículas serán limpias, deber de estar de libre de cantidades perjudiciales como son polvo, terrones, partículas escamosos o blandas, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas.

El cribado del agregado fino se efectúa mediante mallas determinadas por una serie Standard en tamaño a partir de la Nro.100, con la finalidad de permitirle una continuidad en el tamaño de sus partículas, la granulometría está estandarizado por el tamiz que se muestra en el siguiente cuadro según las especificaciones de ASTM C136.

Tabla II.6.  
Especificaciones de la granulometría

MALLA	% QUE PASA
3/8"	100
Nº 4	95 - 100
Nº 8	80 - 100
Nº 16	50 - 85
Nº 30	25 - 60
Nº 50	10 - 30.
Nº 100	2 - 10.

Fuente: ENRIQUE RIVVA LOPEZ, Diseño de mezclas. Pág. 25

Un punto importante en la granulometría de los finos es que si presenta demasiado material fino, nos da una idea del incremento en la cantidad del cemento, ya que aumentar la superficie específica a cubrir, si por el contrario es una arena gruesa nos da una idea de una posible segregación.

El agregado fino no deberá tener la presencia de materias orgánicas como indica en la norma NTP 400.013. Si el agregado no cumple con las especificaciones de la norma entonces podremos mencionar los siguientes:

- La presencia en el ensayo se deba a la presencia de pequeñas partículas de carbón, o partículas similares.
- Realizado el ensayo. La resistencia a los siete días de mortero preparados con dichos agregados no sea menor que según indica la norma ASTM –C39 de la resistencia del mortero sillares preparados con otra porción de la misma muestra de agregado fino previamente lavado.
- A continuación presentamos los parámetros que deberá exceder los siguientes límites.

- Lentes de arcilla y partículas desmenuzables.....3%
  
- Materia fina de la malla N°200.
  - a) Concreto sujeto a abrasión.....3%
  - b) Otros concretos.....5%
  
- Carbón:
  - a) Cuando la presencia superficial de concreto es importante.....0.5%
  - b) Otros concretos ..... 1%

❖ **Módulo de fineza.**

El módulo de fineza nos indica el tamaño promedio del agregado, más no nos determina la continuidad de su granulometría.

Este módulo de fineza un factor importante pues nos indica en forma indirecta la influencia en la plasticidad, la cantidad de agua y hasta la cantidad de cemento, este dato se determina de la suma de los porcentajes acumulados retenidos de las mallas Standard, hasta la malla número 100, dividiendo luego este valor entre 100. como se observa en la ecuación.

$$M.F = \frac{\sum \% \text{Acum. Ret}(3, 1\ 1/2, 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Ec. 02.01

El agregado fino, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 100, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.

En el agregado fino este módulo de fineza es recomendable que este comprendido entre 2.35 y 3.15 con un máximo de  $\pm 0.2$ . Conociendo que el agregado fino actúa como un lubricante del agregado grueso, debemos evaluar estos valores teniendo en cuenta que las arenas con M.F. menor a 2.3 son muy finas, ocasionando mayor superficie específica, por lo tanto mayor cantidad de pasta; y si M. F. es mayor a 3.10 son arenas gruesas con el peligro de ocasionar segregación, exudación y producir superficies ásperas. El agregado fino con M.F. entre 2.2 a 2.8 produce concretos trabajables y con mínima segregación.

❖ **Tamaño máximo.**

De acuerdo a la Norma NTP 400.037. Es el tamaño máximo de agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa las muestras del agregado grueso pasa en un 100% antes del primer retenido. Este dato es importante ya que influye en la cantidad de cemento requerido.

❖ **Tamaño máximo nominal.**

De acuerdo a la Norma NTP 400.037 nos indica que el tamaño máximo nominal es el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido al que retiene el 15% mínimo del agregado. Pero este tamaño también debe tener compatibilidad con la estructura que requiera para su función estructural, por lo tanto debemos tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

- $1/5$  de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- $1/3$  de la altura de las losas.
- $3/4$  del espacio libre entre aceros de refuerzo.

#### ❖ **Material que pasa la malla Nro. 200**

El contenido de finos o polvo no se refiere al contenido de arena fina ni a la cantidad de piedras de tamaño menor, sino a la suciedad que presentan los agregados (tamaños inferiores a 0,075 mm). El contenido de finos es importante por dos aspectos:

- a mayor suciedad habrá mayor demanda de agua, ya que aumenta la superficie a mojar y por lo tanto también aumentará el contenido de cemento si se quiere mantener constante la relación agua/cemento;
- si el polvo está finamente adherido a los agregados, impide una buena unión con la pasta y por lo tanto la unión de mortero-agregado será una zona débil por donde se puede originar la rotura del concreto.
- Observando los acopios, pueden notarse en su superficie como duras originadas por el desecamiento de estos finos.
- Haciendo una simple prueba consiste en colocar un poco de arena en un recipiente traslúcido con agua, agitar enérgicamente y dejar reposar un par de minutos. Si la arena está sucia se diferenciará claramente en el fondo del recipiente el depósito de arena y sobre éste, el de material fino.

#### ❖ **Peso específico y Absorción.**

La absorción es la cantidad de agua capaz de ser tomada por un material después de 24 horas de inversión y se expresa como un porcentaje del peso seco del material y peso específico es la relación de entre el peso y el volumen dado de un material o es densidad de las partículas.

### 2.3.3. Ensayo de Peso Específico y Absorción de la Arena

#### Equipos de ensayo.

- Balanza con capacidad mínima de 1000 gr. y sensibilidad de 0.1gr.
- Picnómetro, matraz o frasco.
- Bandejas de tamaño apropiado.
- Hornilla moderada.
- Horno capaz de mantener una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ .

#### Procedimiento experimental

- Seleccionar por cuarteo, una cantidad aproximada de 2Kg., que se cubre completamente con agua y se deja sumergida durante 24 horas.
- Después del período de inmersión, se decanta cuidadosamente el agua y se extiende la muestra sobre una bandeja, secando la superficie de las partículas al aire, hacemos la prueba de humedad con el cono visualmente podemos definir un estado saturado superficialmente seco (sss).
- Inmediatamente, se introducen en el picnómetro o frasco previamente pesado, una cantidad aproximada de 500gr. de agregado fino (sss), y se añade agua hasta un 80% de su capacidad, para eliminar el aire atrapado se agita el picnómetro o frasco, se determina su peso total (frasco + muestra + agua), seguidamente se deja reposar por un lapso de 24horas (opcional).
- Se saca el agregado fino del matraz y se seca en el horno, hornilla y/o aire libre y se determina finalmente su peso seco.

#### Resultados

- Peso específico aparente:  $A / ((B-C)-(D-A))$
- Peso específico (sss):  $D / (B-C)$

- Peso específico de masa:  $A / (B-C)$
- Absorción:  $(D-A) / A * 100$

**En donde:**

A: Peso de la muestra seca al horno (gr)

B: volumen del picnómetro (gr)

C: peso de agua (gr)

D: peso de la muestra superficialmente seca sss. (gr)

F: Peso de la muestra (sss)+ peso del picnómetro + peso de agua

**a) Ensayo de Peso Específico y Absorción de la Grava**

**Equipo de ensayo.**

- Balanza con capacidad mínima de 7000gr. y sensibilidad de 0.5gr.
- Canastillas para las muestras sumergidas.
- Dispositivo de suspensión.
- Recipiente (balde) de tamaño adecuado.
- Hornilla moderada.
- Horno capaz de mantener una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ .

**Procedimiento experimental.**

- Seleccionar por cuarteo, una cantidad aproximada de 5Kg., que se cubre completamente con agua y se deja sumergida durante 24 horas.
- Después del período de inmersión, se decanta cuidadosamente el agua y se extiende la muestra sobre una bandeja, secando la superficie de las partículas al aire, hasta que visualmente podamos definir un estado saturado superficialmente seco (sss).
- Se coloca la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determina su peso sumergida en el agua.
- Se seca entonces la muestra en horno, hornilla y/o aire libre y se determina su peso seco.

## Resultados

- Peso específico aparente:  $A / (A-C)$
- Peso específico (sss):  $B / (B-C)$
- Peso específico de masa:  $A / (A-C)$
- Absorción:  $(B-A) / A \cdot 100$

## En donde:

A: Peso de la muestra seca al horno (gr)

B: Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (SSS gr)

C: Peso sumergido en agua de la muestra saturada (gr)

## ❖ **Peso unitario de los agregados.**

El peso unitario es la relación del peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. El peso unitario depende del acomodo de las partículas, por lo que es un parámetro muy relativo, la norma ASTM C-29 establece el procedimiento para su determinación.

El peso unitario es empleado en algunos métodos de diseño de mezclas para estimar las proporciones y condiciones de los agregados.

## ❖ **Equipo.**

- Balanza con capacidad de 20000 gr.
- Varilla compactadora, de acero (5/8") de diámetro, con una longitud aproximada de 24". Un extremo debe ser semiesférico y de 8 mm de radio
- Regla metálica para enrasar.
- Recipientes de medida, metálicos (cilindros del ensayo).

## **Procedimiento Experimental.**

El procedimiento a seguir para el cálculo del peso específico es el mismo para arenas como para gravas, Los pasos a seguir son los siguientes:



- Tomar las dimensiones del molde para calcular el volumen del molde.
- El agregado (arena o grava) debe colocarse en el molde, en tres capas de igual volumen aproximadamente, hasta colmarlo.
- Cada una de las capas se apisona con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente en cada capa, utilizando el extremo semiesférico de la varilla.
- Al apisonar la primera capa, debe evitarse que la varilla golpee el fondo del molde. Al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solamente atraviese la respectiva capa.

### Resultados

**a). Peso Unitario suelto.-** Es el peso unitario obtenido con el peso del agregado (arena o grava) en estado seco suelo sin varillado.

$$PUS. = \frac{(Peso.muestra + peso.molde) - peso.del.molde}{volumen.del.molde} \quad Ec.02.0.2$$

**b). peso Unitario compacto.-** Es el peso unitario obtenido con el peso del agregado (arena o grava) en estado seco suelo varillado por 3 capas con cada capa con 25 golpes que a continuación presentamos.

$$PUC. = \frac{(Peso.muestra + peso.molde) - peso.del.molde}{volumen.del.molde} \quad Ec.02.03$$

### ❖ Contenido de Humedad.

Es la característica de los agregados que nos permitir controlar la cantidad de agua requerida por el diseño. Se define como la cantidad de agua absorbida más la cantidad de agua superficial con que cuenta el agregado en un momento dado

$$PUC. = \frac{(WH - WS)}{WS} \quad Ec.02.04$$

**Dónde:**

W%=Contenido de humedad en porcentaje.

WH=Peso de la muestra húmeda.

WS= Peso de la muestra seca.

Estos datos calculados influye en gran manera en las proporciones de la mezcla y la variación depende del tiempo, entonces es necesario realizar este ensayo aún antes de realizar la mezcla, para poder controlar en forma óptima la relación agua/cemento, que a su vez está directamente relacionado con la resistencia del concreto.

**2.3.4. Equivalente de Arena del Agregado Fino.**

Este ensayo tiene como objetivo principal el determinar la calidad que tiene el agregado que se va a emplear, desde el punto de vista de su contenido de finos indeseables de naturaleza plástica, sobre todo de arcillas, que son los materiales que en contacto con el agua causan un gran daño al concreto, la norma ASTM D-2419 establece el procedimiento para su determinación.

Para poder realizar este ensayo se necesitan dos porciones de muestra de unos 120gr.de cada una que pase por el tamiz N°4.

Cada una de estas muestras se sitúa en una probeta en la cual previamente hemos añadido solución Equivalente de Arena. Una vez que hemos eliminado las burbujas que se formaron al verter el suelo, dejamos reposar cada probeta 10 minutos, luego de este procedimiento tapamos la probeta y la agitamos manteniéndola horizontal haciendo unos 90 ciclos en unos 30 segundos, para que a continuación introduzcamos más líquido de Equivalente de arena para poner en suspensión las partículas más finas.

Después dejamos reposar cada probeta 20 minutos y medimos en cada una la altura con respecto a la base de la misma a la que llegan los finos y también la altura a la que llegan los gruesos.

Entonces dividimos para cada probeta la altura de gruesos entre la altura de finos y lo multiplicamos por 100, para que el ensayo resultante se considere válido los resultados obtenidos no puede diferir en más del 2%.

### **2.3.5. Ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles ASTM; C-131.**

Este método cubre el procedimiento para ensayos de agregado grueso Menores de 1½ pulgadas (37.5 mm), para determinar su resistencia al desgaste en la máquina de los ángeles.

El ensayo en la máquina de los ángeles es una medida de la degradación de los minerales de los agregados de graduaciones normales, resulta de la combinación de acciones incluyendo abrasión e impacto en un tambor rotativo de acero que contiene un número específico de esferas, que dependerá de la graduación de la muestra. Mientras el tambor rota, una placa eleva la muestra y las esferas de acero, transportándolas hasta ser soltadas desde la parte opuesta del tambor, creando un efecto de trituración por impacto.

El contenido sigue rotando dentro del tambor con una acción abrasiva hasta que la placa hace impacto y el ciclo se repite. Después de transcurrido el número de revoluciones preestablecido, el contenido es removido del tambor y la porción de agregado es tamizada para medir el desgaste como el porcentaje de peso perdido. Según la norma ASTM C131 y NTP 400.019 no deberá tener una pérdida mayor de 50%.

#### **Características**

Se usa la máquina de ensayo de desgaste de los Ángeles que satisfaga las características descritas por la norma ASTM C-131. La máquina consistirá en un cilindro cerrado en ambos extremos, con un diámetro interno de 28 pulgadas y el largo interior de 20 pulgadas.

El cilindro será montado en ejes, acoplados a los extremos del cilindro pero sin atravesarlo, y será montado de manera que pueda girar estando su eje en posición horizontal.

El cilindro será provisto de una abertura para poder introducir la muestra de ensayo. La abertura debe cerrarse para evitar que salga el polvo, lo que se logra con una tapadera hermética. A lo largo de una línea de la superficie interior del cilindro se colocará una placa o paleta de acero removible, proyectada radialmente hacia el centro del cilindro 3½ pulgadas y extendida a todo lo largo del mismo.

Las cargas abrasivas consistirán en esferas de acero de un diámetro aproximado de 46.8 mm y cada una con un peso de entre 390 a 445 gramos.

### **Procedimiento**

a). Se encuentra la granulometría con una cantidad representativa para obtener los porcentajes y cantidades retenidas, así se identifica el tipo de abrasión es tamizado con las mallas de retenidas en 1", 3/4", 1/2", 3/8" en setas mallas son retenidas 1250gr en cada uno, en total son de 5000 gr que ingresa a la máquina de los ángeles.

b). De acuerdo a la cantidad de material, que es retirado de la máquina de los ángeles. Se procede a tamizar con N° 10 y N° 16 para sus respectivos cálculos.

El cálculo se efectúa de la siguiente manera.

c). La diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra de ensayo, se expresará en forma de porcentaje del peso inicial de la muestra de ensayo. Este valor será expresado como porcentaje de desgaste.

### 2.3.6. Propiedades químicas.

En propiedades químicas podemos mencionar como sales que pueden estar presentes en los agregados son los sulfatos y los cloruros, que en porcentajes elevados pueden reaccionar con el agua o el medio ambiente, o los factores externos a los que esté sometido el concreto generando efectos nocivos en este.

#### Contenido de cloruros.

El alto contenido de cloruros puede generar corrosión en el acero de refuerzo del concreto armado, pudiendo ser que el concreto este expuesto a aguas marinas con alto contenido de cloruros, la corrosión de acero de refuerzo presentes en el concreto se origina por la presencia exclusiva de oxígeno y humedad en las proximidades de las barras, pero la existencia de cloruros libres en el medio que las rodea es un desencadenante de proceso, en la tabla 02.06 presentamos contenidos máximos permisibles de cloruros en el concreto.

Tabla II.7.  
Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO <sub>4</sub> ) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO <sub>4</sub> ) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal*	f <sub>c</sub> mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero*
Insignificante	0,0 ≤ SO <sub>4</sub> < 0,1	0 ≤ SO <sub>4</sub> < 150	—	—	—
Moderada**	0,1 ≤ SO <sub>4</sub> < 0,2	150 ≤ SO <sub>4</sub> < 1500	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severa	0,2 ≤ SO <sub>4</sub> < 2,0	1500 ≤ SO <sub>4</sub> < 10000	V	0,45	31
Muy severa	2,0 < SO <sub>4</sub>	10000 < SO <sub>4</sub>	Tipo V más puzolana***	0,45	31

Fuente: Norma técnica de edificación E.060 concreto armado.

### Contenido de sulfatos.

El agregado puede estar con alto contenido de sulfatos puesto que es importante, al combinarse con aguas con altos porcentajes de sulfatos (como las aguas marinas), estas pueden producir expansión en la estructura interna del concreto hasta llegar a destruirlo, por lo que se tiene en cuenta que si la suma de los sulfatos presentes en el agregado más el agua de contacto; máximo deber ser de 600 ppm según la norma ASTM T290, los sulfatos inicia la corrosión del acero.

Tabla II.8.  
Parámetros físicos, químicos para el concreto

PARAMETROS FÍSICOS Químico.	NORMA	Unidad	Como Max.
Potencia de Hidrogeno	ASTM C40	pH	8.5 min.
Sulfatos como SO4	ASTM T290	ppm	600
Sales Solubles Totales	NTP.339.178 Y ASTM T290	ppm	600
Materia Orgánica	ASTM C40	ppm	5
Cloruros como CL	MTP- E-060	ppm	600

Fuente: elaboración propia

### Contenido de sales solubles.

Los agregados no deben contener sales solubles totales si los agregados presentan alto contenido de sales el agregado debe ser lavado con agua potable o previo análisis de laboratorio según ACI Perú de Rivvas López I. ( naturaleza y materiales de concreto) no será mayor de 0.015% en peso del cemento como también nos dice que ningún caso se utilizará el agregado de procedencias marinas, que estos sales solubles son que uno

de los factores que ocasiona la corrosión en el acero como también la aceleración de la corrosión en el acero.

### 2.3.7. Propiedades físicas y químicas del agua.

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse.

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

Tabla: Límites permisibles para el agua de mezcla y de curado según la Norma NTP 339.088.

Tabla II.9.  
Parámetros permisibles de agua

Sustancias Disueltas	MÁXIMOS
Cloruros	300 PPM
Sulfato	300 PPM
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	1500 ppm
PH	mayores de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
materia orgánica	10 ppm

Fuente ENRIQUE RIVA POPEZ diseño de mezclas pág. 30

Además se debe tener en cuenta en su composición es la presencia de ácidos, grasas, aceites y azúcares siendo extremadamente dañinas para el concreto.

Cuando la concentración de sales, especialmente cloruros exceda los límites indicados en estas recomendaciones, se efectuarán ensayos de resistencia a la compresión a edades de 180 y 365 días.

No se permitirá en concretos pres forzados el empleo de aguas que superen los límites de sales especificados.

Ni el olor ni el sabor son índices de la calidad del agua. Tampoco son los resultados de los ensayos de estabilidad de volumen.

Podrá utilizarse, previa autorización de la Supervisión, aguas no potables si, además de cumplir los requisitos anteriores se tiene.

## **2.4 CONCRETO.**

**a). Definición.-** el concreto es una mezcla, adecuadamente dosificada, de cemento y agua, y agregado fino y agregado grueso. Adicionalmente también puede tener en su composición aditivos. Es diseñada para resistencias requeridas en la obra. Entonces el concreto es el resultado de cemento portland más agregados, más aire y agua constituye un material heterogéneo.

### **b). Materiales componentes del concreto.**

**Ligantes.-** cemento y agua

#### **Agregados.**

Agregado fino: arena

Agregado grueso: grava, piedra chancada, canto rodado

Las etapas principales para la producción de buen concreto son:

- Dosificación
- Mezclado
- Transporte
- Colocación



- Consolidación
- Curado

### c). Tipos de concreto.

Mencionaremos algunos concretos comunes:

- **Concreto simple.**- es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios vacíos entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la pasta.
- **Concreto armado.**- se denomina así al concreto simple cuando esté lleno de armaduras de acero estructural y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente como son tracción y compresión.
- **Concreto estructural.**- se denomina así al concreto simple cuando este es dosificado, mezclado y transportado, de acuerdo las especificaciones precisas que garantice la resistencia de diseño.
- **Concreto ciclópeo.**- se denomina así al concreto simple más piedra con tamaños máximos de 10" hasta un máximo de 30% de volumen.

## 2.5 ELECCIÓN DEL CEMENTO A EMPLEAR EN LOS DISEÑOS DE MEZCLAS DE CONCRETO.

Se utilizará los cementos Tipo I de la planta de Cementos Rumi 1P debido a que es el cemento empleado en las distintas construcciones de la provincia de Puno.

### 2.5.1 Cemento portland tipo i.

Es utilizado para obras de concreto en general. Es elegido por su mayor utilización como en la Provincia de Puno como la ciudad de Puno, es tal razón es elegido este cemento. En la mayoría de las construcciones es utilizado en las viviendas familiares de la ciudad de Puno como en la Provincia de Puno es utilizado el cemento Portland tipo IP, y es fácil de adquirir en las tiendas comerciales es tal razón en el presente proyecto es utilizado este tipo de cemento.

Este tipo de cemento es de uso general en pavimentaciones, edificaciones, canales, aceras, etc.

## 2.6 DEFINICION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO.

Es importante rol que tiene los agregados en el concreto en muchos casos no es considerado por su bajo costo, estos son los mayores constituyentes de la unidad cúbica del concreto.

El concreto es un material formado por agregados, agua, cemento que conforman una mezcla heterogénea, cuyo proceso de endurecimiento depende tanto de factores externos como internos. Las principales propiedades del concreto fresco son:

- A.- Trabajabilidad.
- B.- Exudación
- C.- Segregación

**A.- Trabajabilidad.-** se define por trabajabilidad es la propiedad del concreto al estado fresco esto es manipulable, trasportable o darle forma a la forma deseada con un máximo de homogeneidad así como para tener un acabado sin segregación.

Viene a ser la facilidad de trabajo y selección de las proporciones de la mezcla, se reconoce que la trabajabilidad tiene la relación con el contenido de cemento en la mezcla dependiendo con las características granulométricas, como la relación de agregado grueso y fino y proporción del agregado en la mezcla con la cantidad de agua y aire.

- **La consistencia.-** La consistencia del concreto es una propiedad que defina la humedad de la mezcla por el grado de fluidez con la que la mezcla de concreto se coloque en el encofrado, estando influenciado por la relación agua cemento, la finura del cemento y el tamaño máximo del agregado; pero no determina en sí la trabajabilidad del concreto.
- **La prueba de asentamientos** se realiza el ensayo del cono de Abrams (Norma ASTM C 143-78), que permite saber si la mezcla está en un estado fluido, plástico o seco. Esta medida no determina la trabajabilidad de la mezcla, pero si nos permite controlar la homogeneidad de la mezcla, para las mismas condiciones de los materiales y de los factores externos.

Los concretos consistentes son definidas como aquellos los cuales tiene el grado de humedad necesario este tipo de concretos después de vibrado quede blanda y unida.

Los concretos Plásticos son definidos como aquellos que tienen agua necesario para dar a la masa de una consistencia pastosa.

Los concretos fluidos son aquellos que han sido amasados con tanta agua que la mezcla fluye como una pasta blanda estos concretos son de menor calidad originada por el exceso contenido de agua.

- **Perdida de revenimiento.-** es una alteración de la consistencia de diseño, es decir una prematura rigidez en la mezcla debido a

factores externos como el calor y el viento como también podemos mencionar factores internos como la finura del cemento o la puzolana o los agregados de alta capacidad de absorción.

**B) Exudación.-** Consiste en que parte del agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie del concreto recién colocado o durante el proceso de fraguado. El agua queda atrapada bajo las partículas más gruesas de agregado o del acero de refuerzo, lo cual genera zonas de baja adherencia, adicionalmente al subir deja pequeños caminos capilares que aumentan la permeabilidad del concreto.

**C). Segregación.-** Se define como la separación de los materiales que constituyen una mezcla heterogénea (como el concreto), de manera que su distribución deja de ser uniforme por falta de cohesión. Puede ser ocasionada por la diferencia de tamaño de las partículas y la granulometría de los agregados. Se puede presentar de modo tal que las partículas gruesas tienden a separarse por desplazamiento sobre los taludes de la mezcla amontonada o porque se asientan más que las partículas finas por acción de la gravedad; generalmente ocurre en mezclas secas y poco cohesivas.

## 2.7 RESISTENCIA DE LA PROBETA.

La resistencia del concreto está definida como el máximo esfuerzo que puede soportar dicho material sin romperse. El concreto está diseñado para soportar esfuerzos a compresión la Resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de calidad.

Se emplea la Resistencia a la compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejora al incrementarse esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra antes de fallar por compresión.

La Resistencia a la compresión de un concreto debe alcanzar a los 28 días debe alcanzar 95 % de resistencia diseñada, después del vaciado y realizado curado respectivo. La resistencia de las probetas siempre estará en función de calidad de agregados, el diseño de mezclas adecuadas y personal capacitado del laboratorio, tanto como en la obra.

Esta propiedad del concreto endurecido está a su vez influenciada por varios factores como son:

- a). Relación agua/cemento.
- b). Tipo de cemento.
- c). Características de los agregados
- d). Curado del concreto.

#### **a) Relación agua/cemento.**

Al diseñar la mezcla se debe tener en cuenta razones de exposiciones de concreto a procesos de congelación deshielo a la acción de los suelos o aguas sulfatadas para prevenir proceso de corrosión de acero de refuerzo. En estas relaciones de agua cemento existe una reacción química, como también se puede decir a menor factor de relación de agua cemento mayor será la resistencia final, y cuando mayor sea el factor de relación de agua cemento menor será la resistencia final.

La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento consiste en tomar muestras después del curado se somete a la prueba de compresión.

#### **b) Tipo de cemento.**

En nuestro medio se comercializa el cemento Portland Tipo I que es el convencional, de desarrollo de resistencia rápida a edades tempranas y de baja resistencia al ataque de sulfatos, también se comercializan los cementos modificados con puzolanas que son de menor calor de hidratación, desarrollo de menor resistencia inicial, buen desempeño

ante agentes destructivos y buen desempeño ante presencia de agua estos son los tipo IP (puzolánico) y IPM (puzolánico modificado) y finalmente, a pedido, se producen los de Tipo II de moderada resistencia a los sulfatos y moderada calor de hidratación y Tipo V de alta resistencia a los sulfatos.

#### **c).característica del agregado.**

La resistencia está en función de las características del agregado como son forma, angulosa, redondeado, y textura, porosidad, y la resistencia del mismo según las experiencias realizadas, el diseño realizado con el agregado de piedra chancada o agregado artificial tiene un comportamiento mejor que con canto rodado.

#### **d). Curado de concreto.**

El curado de concreto es uno de los factores muy importantes para alcanzar la resistencia deseada del concreto. Para el proceso de hidratación debe tenerse en cuenta la fuente de agua de donde se está utilizando para el curado puesto que el agua debe utilizarse con previa evaluación que podría estar con alto porcentaje de cloruros, sulfatos etc. Que estos podrían causar daños en el concreto para el cumplimiento de su vida útil.

Por otro lado es importante la zona o regiones donde se realiza la obra para el proceso de hidratación que también influye condiciones ambientales así como las bajas temperaturas y como la humedad.

## **2.8 DISEÑO DE MEZCLAS.**

### **Generalidades.**

La dosificación del concreto implica el equilibrio entre una economía razonable y los requisitos especificados en la Norma, resistencia, durabilidad y densidad.

Las características requeridas están determinadas por el uso al que estará destinado el concreto y por las otras condiciones esperadas en el momento de la colocación. Estas se contemplan en las especificaciones de obra.

El concreto no sólo está constituido por cemento, agregado y agua; también puede contener cierta cantidad de aire atrapado, pudiendo contener además aire incluido intencionalmente, obtenido mediante un aditivo incorporado de aire que estos mismos son para las diferentes exposiciones que se coloca el concreto.

### **2.8.1. Consideraciones para el diseño de mezclas.**

Es necesario enfocar el concepto del diseño de mezcla para producir un buen concreto tan económico como sea posible, que cumpla con los requisitos requeridos para el estado fresco (mezclado, transporte, colocación, compactado y acabado, etc.) y en el estado endurecido (la resistencia a la compresión y durabilidad, etc.).

En general, se piensa que todas las propiedades del concreto endurecido están asociadas a la resistencia y, en muchos casos, es en función del valor de ella que se las califica. Sin embargo, debe siempre recordarse al diseñar una mezcla de concreto que muchos factores ajenos a la resistencia pueden afectar otras propiedades. Como son:

- Los materiales, El elemento a vaciar, tamaño y forma de las estructuras
- Resistencia a la compresión requerida
- Condiciones ambientales durante el vaciado
- Condiciones a la que estará expuesta la estructura

#### **a) Cálculo de la resistencia promedio requerida.**

Esta resistencia va a estar en función a la experiencia del diseñador o la disponibilidad de información que tenga el mismo, pero siempre vamos a tener que diseñar para algo más de resistencia de tal manera que solo un pequeño porcentaje de las muestras (normalmente el 1%,

según el ACI) puedan tener resistencias inferiores a la especificada, también proporciona las siguientes ecuaciones:

$$F'_{cr} = F'_c + 1.34 s \dots \dots \dots E_c \quad 02.05$$

$$F'_{cr} = F'_c + 2.33 s - 35 \dots \dots \dots E_c \quad 02.06$$

Para el diseño se toma mayor valor del resultado de estas ecuaciones. Cuando no contamos con datos estadísticos suficientes (menos de 15 ensayos), para este caso el Comité del American concrete Institute o institución Americana de concreto (ACI) nos indica aplicar la Tabla N° 02.08 para determinar el  $f'_{cr}$ .

Tabla II.10.  
 Determinación de la resistencia requerida.

$f'_c$ especificado	$F'_{cr}$ ( Kg/cm <sup>2</sup> )
< 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
> 350	$f'_c + 98$

Fuente: Enrique Rivva lopez (diseño de mezclas) pág. 63

- $f'_c$  : Resistencia a la compresión especificada (Kg/cm<sup>2</sup>).
- $f'_{cr}$  : Resistencia a la compresión requerida (Kg/cm<sup>2</sup>).

**b). Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso (TNM)**

La mayoría de veces son las características geométricas y las condiciones de refuerzo de las estructuras las que limitan el tamaño máximo del agregado que pueden utilizarse, pero a la vez existen también consideraciones a tomar en cuenta como la producción, el transporte y la colocación del concreto que también pueden influir en limitarlo.

El TNM del agregado grueso no deberá ser mayor de uno de estos puntos:



- $1/5$  de la menor dimensión entre las caras de encofrados.
- $3/4$  del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, torones o ductos de presfuerzo.
- $1/3$  del peralte de las losas.

Estas limitaciones a menudo se evitan si la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto puede colocarse sin dejar zonas o vacíos.

### c) Selección del asentamiento.

Si el asentamiento no se encuentra especificado entonces se puede partir con los valores indicados en la Tabla N° 02.09 de acuerdo al Tipo de Estructura.

Tabla II.11.  
Clase de mezclas según el asentamiento

Consistencia	Asentamiento
Seca	0"- 2"
Plástica	3"- 4"
Fluida	$\geq 5$ "

Fuente: Ing. Flavio Abanto Castillo "Tecnología de concreto" pág. 64

### d). Determinación del contenido de aire.

El ACI 211 establece una tabla que proporciona aproximadamente el porcentaje de contenido de aire atrapado en una mezcla de concreto en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso. La Tabla N° 02.10 indica la cantidad aproximada de contenido de aire atrapado que se espera encontrar en concretos sin aire incluido.

Durante el proceso de mezclado una pequeña cantidad de aire, del orden del 1%, es aportada por los materiales y queda atrapada en la masa del concreto, no siendo eliminada por los procesos de mezclado, colocación y compactación. Los espacios que este aire forma en la

masa del concreto se conocen como poros por aire atrapado. Son parte inevitable de toda la pasta, para estimar el aire atrapado mostramos la siguiente tabla.

Tabla II.12.  
Contenido de Aire Atrapado.

Contenido de aire atrapado	
tamaño máximo nominal	aire atrapado
3/8"	3%
1/2"	2.50%
3/4"	2%
1"	1.50%
1 1/2"	1%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Fuente: Enrique Rivva lopez (diseño de mezclas) pág. 89.

#### e). Determinación del volumen de agua.

La cantidad de agua (por volumen unitario de concreto) que se requiere para producir un asentamiento dado, depende del tamaño máximo de agregado, de la forma de las partículas y gradación de los agregados y de la cantidad de aire incluido. La Tabla N° 02.11 proporciona estimaciones de la cantidad de agua requerida en la mezcla de concreto en función del tamaño máximo de agregado y del asentamiento con aire incluido y sin él.

Según la textura y forma del agregado, los requisitos de agua en la mezcla pueden ser mayores o menores que los valores tabulados, pero estos ofrecen suficiente aproximación para una primera mezcla de prueba. Estas diferencias de demanda de agua no se reflejan

necesariamente en la resistencia, puesto que pueden estar involucrados otros factores compensatorios. Por ejemplo, con un agregado grueso angular y uno redondeado, ambos de buena calidad y de gradación semejante, puede esperarse que se produzcan concretos que tengan resistencias semejantes, utilizando la misma cantidad de cemento, a pesar de que resulten diferencias en la relación a/c debidas a distintos requisitos de agua de la mezcla. La forma de la partícula, por si misma, no es un indicador de que un agregado estará por encima o por debajo del promedio de su resistencia.

Para calcular el volumen de agua tiene muchos factores como son la capacidad de absorción de los agregados, también se ve el factor del clima entre otros, si el volumen de agua no es adecuado como el diseño, entonces cambiará la consistencia de la mezcla, para estimar el volumen de agua nos proporciona siguiente tabla.

Tabla II.13.  
 Volumen de agua en lt/m<sup>3</sup>

Asentamiento	Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>concreto sin aire incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>3" a 4"</b>	228	216	205	193	181	169	145	124
<b>6" a 7"</b>	243	228	216	202	190	178	160	-

Fuente: Enrique Rivva lopez (diseño de mezclas) pág. 82.

#### f). Determinación de la relación agua/cemento (a/c).

La relación a/c requerida se determina no solo por los requisitos de resistencia, sino también por los factores como la durabilidad y propiedades para el acabado. Puesto que distintos agregados y cementos producen generalmente resistencias diferentes con la misma

relación a/c, es muy conveniente conocer o desarrollar la relación entre la resistencia y la relación a/c de los materiales que se usaran realmente.

La relación de agua cemento, de diseño, que es el valor a seleccionar de la tabla, se refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla cuando el agregado está en condición de saturado superficial mente seco.

Para condiciones severas de exposición, la relación a/c deberá mantenerse baja, aun cuando los requisitos de resistencia puedan cumplirse con un valor más alto. Las Tabla N° 02.13 muestran estos valores límites.

Tabla II.14.  
Relación agua/cemento por resistencia.

f'c Kg/cm <sup>2</sup>	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: Enrique Rivva lopez (diseño de mezclas) pág. 85.

Tabla II.15.  
Condiciones especiales de exposición.

Condiciones de exposición	Relación de a/c máxima en C <sup>o</sup> con agregados de peso normal	Resistencia en compresión mínima en C <sup>o</sup> con agregado liviano
Concretos de baja permeabilidad a) Expuesto a agua dulce b) Expuesto a agua de mar o agua salada c) Expuesto a la acción de aguas cloacales	0.5 0.45 0.45	260
Concreto expuesto a congelamiento y deshielo en condición húmeda. a). sardineles, cunetas y secciones delgadas b). Otros elementos	0.45 0.5	300
Protección contra corrosión de concretos expuestos a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de estas aguas Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15mm	0.4 0.45	325 300

Fuente: Enrique Rivva Lopez (diseño de mezclas) pág. 105.

#### g). Cálculo del contenido de cemento

Es decir, la cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado dividido entre la relación agua/cemento (Ecuación 02.05).

$$\text{Contenido de cemento en Kg/m}^3 = \frac{\text{Agua de mezclado}}{\text{relacion a/c}}$$

Ec. 02.07

#### h). Estimación del contenido de agregado grueso.

Los agregados de esencialmente el mismo tamaño máximo y granulometría, producirán concreto de satisfactoria trabajabilidad, cuando un volumen dado de agregado grueso seco y compactado, es empleado por unidad de volumen de concreto.

La Tabla N° 02.15. nos proporciona valores aproximados para estos volúmenes de agregado, como puede observarse, para similar trabajabilidad, el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto, depende solamente de su tamaño máximo y del módulo de fineza del agregado fino.

Tabla II.16.

Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Tamaño máximo Nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/4"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Enrique Rivva lopez (diseño de mezclas) pág. 105.

El peso seco del agregado grueso por metro cúbico de concreto, en base al volumen seco y compactado del mismo, es igual al valor obtenido de la

Tabla N° 02.14 multiplicado por el peso unitario seco y compactado del agregado grueso.

$$\left[ \begin{array}{c} \text{Cantidad del agregado} \\ \text{grueso (Kg)} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{Volumen del agregado} \\ \text{grueso en m}^3(\text{tabla}) \end{array} \right] \times \left[ \begin{array}{c} \text{P.U.seco compactado} \\ \text{del agregado grueso } \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \end{array} \right]$$

Ec. 02.08

### i). Estimación del contenido de agregado fino.

Existen 2 métodos para la determinación del contenido de agregado fino, ambos se basan en el hecho de que una vez concluido el paso anterior, todos los ingredientes a excepción del agregado fino son conocidos por metro cúbico de concreto, pudiendo hallarse el mismo por diferencia, empleando el método de los pesos o el método de los volúmenes. Es decir:

$$\left[ \begin{array}{c} \text{Cantidad del agregado} \\ \text{fino (Kg)} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{Peso del} \\ \text{concreto (Kg)} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{c} \text{Peso del agregado} \\ \text{grueso (Kg)} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{Peso del} \\ \text{cemento (Kg)} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{Peso del agua} \\ \text{mezclado (Kg)} \end{array} \right]$$

Ec. 02.09

### j). Método de los Pesos.

Generalmente el peso unitario del concreto fresco es conocido con relativa aproximación de experiencias previas con los materiales a ser utilizados en obra.

En ausencia de tal información, se puede usar la Tabla N° 02.15 en un primer estimado, con la seguridad de que las proporciones obtenidas serán lo suficientemente aproximadas como para ser corregidas con un rápido y sencillo ajuste sobre la base de los resultados de las mezclas de ensayo.

## 2.8.2 Métodos de diseño de mezclas

### a) Método de los Volúmenes Absolutos

Es uno de los procedimientos para el diseño de mezcla, y a la vez preferido sobre el método de los Pesos, para el cálculo de la cantidad de

agregado fino por metro cúbico de concreto, implica el empleo de los volúmenes desplazados por los ingredientes o volúmenes absolutos de los mismos.

En este caso el volumen absoluto del agregado fino es igual a la diferencia entre el volumen unitario de concreto y la suma de los volúmenes absolutos de los ingredientes ya conocidos (cemento, agua, aire, agregado grueso).

Tabla II.17.  
Primera estimación del peso del concreto fresco

Tamaño Máximo del agregado	Primera estimación del peso del concreto en $Kg/m^3$	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
grueso		
3/8"	2285	2190
1/2"	2315	2235
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375
3"	2465	2400
6"	2505	2435

Fuente: Tabla confeccionada por el comité ACI 211.

$$[Volumen\ abs.]_{agreg.\ fino} = 1 - \left[ \frac{Volumen\ abs.}{agreg.\ grueso} + \frac{Volumen\ abs.}{cemento} + \frac{Volumen\ abs.}{agua} + \frac{Volumen\ abs.}{aire} \right]$$

Ec.02.10

El volumen absoluto ocupado en el concreto por cualquier ingrediente, es igual a su peso dividido por su peso específico.

$$Volumen = \frac{Peso\ seco}{Peso\ específico} \quad Ec.02.11$$

#### b) Corrección por humedad de los agregados.

Hay que tener en cuenta la humedad de los agregados para pesarlos correctamente.

Generalmente los agregados están húmedos y a su peso seco debe sumarse el peso del agua que contienen, tanto absorbida como superficial. Así, el agua de mezclado añadida a la colada, debe ser



reducida en una cantidad igual a la humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal el contenido total de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

$$\left[ \text{Peso agregado} \right]_{\text{humedo}} = \frac{\text{Peso agregado}}{\text{seco}} \times \left[ 1 + \frac{\text{Contenido de humedad}}{\text{agregado}} \% \right]$$

**c) Cálculo del agua efectiva.**

El agua a utilizarse en la mezcla de prueba debe incrementarse o reducirse en una cantidad igual a la humedad libre que contiene el agregado, esto es, humedad total menos absorción.

Para esto se utilizara la siguiente formula:

$$\left[ \text{Aporte de humedad} \right]_{\text{de los agreg.}} = \frac{\text{Peso agregado}}{\text{seco}} \times \left[ \% \text{ Contenido de humedad} + \% \text{ absorcion} \right]$$

*Ec. 02.13*

Entonces:

$$\left[ \text{Agua efectiva} \right] = \left[ \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad de los agregados} \right]$$

*Ec. 02.14*

**d) Diseño final.**

Finalmente se presenta el diseño de mezcla en condiciones húmedas, los pesos de cada uno de los materiales. Para su uso en obra se determina las proporciones por bolsa de cemento. Es posible también presentar las proporciones por m<sup>3</sup> de concreto.

**e) Ajuste de las mezclas o coladas de prueba.**

Las proporciones de la mezcla, calculadas siguiendo las recomendaciones anteriores deben ser comprobadas, para lo cual se prepara mezclas de ensayo o de prueba con los materiales a ser

empleados en obra empleando tandas reales preparadas en obra. Se realizan los ajustes a las mezclas de pruebas.

Para obtener las proporciones de la mezcla de concreto que cumpla con las características deseadas, con los materiales disponibles se prepara una primera mezcla de prueba con unas proporciones iniciales que se determinan siguiendo los pasos que a continuación se indican.

A esta mezcla de prueba se le mide su consistencia y se compra con la deseada; si difieren, se ajustan las proporciones. Se prepara, luego, una segunda mezcla de prueba con las proporciones ajustadas, que ya garantiza la consistencia deseada; se toman muestras de cilindro de ella y se determina su resistencia a la compresión; se compara con la resistencia deseada y si difieren, se reajustan las proporciones. Se prepara una tercera mezcla de prueba con las proporciones reajustadas que debe cumplir con la consistencia y la resistencia deseada; en el caso de que no cumpla alguna de las condiciones por algún error cometido o debido a la aleatoriedad misma de los ensayos, se pueden ser ajustes semejantes a los indicados hasta obtener los resultados esperados.

### **2.8.3 Diseño de mezclas por Método ACI 211, Secuencia del método de diseños de mezclas: Método ACI 211.**

Este procedimiento propuesto por el comité ACI 211, está basado en el empleo de tablas confeccionadas por el Comité ACI 211; la secuencia de diseño es la siguiente:

1. Selección de la resistencia requerida ( $f'_{cr}$ ). Cuando no contamos con datos estadísticos o contamos con escasos (menos de 15 ensayos), para este caso el Comité del ACI nos indica aplicar la TABLA N° 02.08 para determinar el  $f'_{cr}$ .
2. Selección del TMN del agregado grueso.
3. Selección del asentamiento TABLA N° 02.09.

4. Seleccionar el contenido de aire atrapado TABLA N° 02.10
5. Seleccionar el contenido de agua TABLA N° 02.11
6. Selección de la relación agua/cemento. TABLAS N° 02.12
7. Cálculo del contenido de cemento (5)/ (6).
8. Seleccionar el peso del agregado grueso. La TABLA N° 02.14 proporciona el valor de  $b/b_0$ , donde  $b_0$  y  $b$  son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso.
9. Calcular la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino.
10. Cálculo del volumen del agregado fino.
11. Cálculo del peso en estado seco del agregado fino.
12. Presentación del diseño en estado seco.
13. Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.
14. Presentación del diseño en estado húmedo.

## 2.9 MARCO CONCEPTUAL.

### **Cemento portland**

Es un producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de yeso natural.

### **Tipos de cemento portland**

- a) tipo I Para usos generales en la construcción, donde no se requiere que se tenga propiedades especiales.
- b) tipo II es para usos de resistencia moderada a la acción de los sulfatos y moderada calor de hidratación
- c) tipo III en donde obras se requiera una alta resistencia inicial
- tipo IV para obras se requiera un bajo calor de hidratación
- y tipo V para obras se requiera una alta resistencia a sulfatos.

### **Agregados**

Ambos, tanto el agregado fino como el agregado grueso, son usados para la elaboración de concretos, llamados también áridos son materias inertes

que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal etc.) y el agua formando los concretos y morteros.

### **Cantera**

Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción de obras civiles.

### **Agregado fino**

Se considera como agregado fino a la arena o piedra natural finalmente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.35mm (3/8) y que cumple con los límites establecidos con la norma NTP. 400.037.

Las arenas provienen de la desintegración natural de las rocas, y que arrastrados por corrientes aéreas o fluviales se acumula en lugares determinados.

### **Agregado grueso**

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75mm (Nº4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma parámetros normativas, el agregado grueso puede ser grava piedra chancada.

### **Gravas**

llamados también canto rodado es un conjunto de fragmentos pequeños de piedra, proveniente de la desintegración, natural de las rocas, por acción de hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoles en corrientes en canteras y lechos de ríos depósitos en forma natural.

### **Piedra chancada**

se denomina al agregado grueso obteniendo por trituración artificial de rocas o grava. Como el agregado grueso se puede utilizar cualquier piedra triturada siempre que sea limpia dura y resistente.

Su función principal es dar volumen y aportar su propia resistencia. los ensayos indican que la piedra chancada o partidas da concretos ligeramente más resistentes que el canto rodado.

### **Granulometría**

Es la clasificación de partículas por tamaño o distribución de tamaño de partículas se determina la separación con una serie de mallas normalizadas utilizadas para los agregados.

El control de granulometría se aprecia mediante gráficos en que las ordenadas representan los porcentajes acumulados que pasas la malla, y las abscisas, las aberturas correspondientes a los agregados finos y gruesos.

### **Porcentaje pasa 200**

Está representado por limo, arcilla y materia orgánica, este a su vez es perjudicial para el concreto y en las obras convencionales se acepta hasta un cinco por ciento de este material y en las exigentes hasta un tres por ciento, pero si existe menos de la pasa 200 mejor la mezcla.

### **Hormigón**

El agregados denominado "hormigón" corresponde a una mezcla natural de grava y arena. El hormigón se usa para preparar concretos de baja calidad como el empleado en cementaciones corridas, sobre cimientos, falso piso, falsas zapatas, calzaduras, algunos muros, etc.

### **Abrasión**

Es el desgaste mecánica de agregados y rocas resultantes de la fricción o impacto en la máquina de los ángeles.

### **Equivalente de arena**

Proporción relativa del contenido de polvo fino, material arcilloso, materia limo en los suelos o agregados finos de concreto.

### **Absorción**

Es el agua retenida en cualquier material después de un cierto tiempo de exposición (agregados gruesos y agregados finos).

### **Contenido de humedad**

Es el volumen de agua de agregados como son fino y grueso, bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancias secas y cualquier húmedo presente.

### **Pesos unitarios**

Es el peso con respecto a su volumen. Tomando como volumen unitario el metro cúbico o una unidad cúbica el ensayo es realizado por peso unitario compacto o peso unitario suelto para el diseño de mezclas.

### **Peso específico**

Es la relación de una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables e impermeables natural del material), la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

### **Módulo de fineza**

Es un factor empírico, obtenida de la suma dividida entre 100 los porcentajes retenidos acumulados de los siguientes tamices N°100, N° 50, N°30, N° 16, N° 8, N° 4, N°3/8.

### **Impurezas en el material de agregados**

Son sustancias inconvenientes en el agregado como son sales solubles, cloruros, polvo, arcilla, limo etc.

### **Concreto**

Mezcla de material aglomerante y material fino y grueso. En algunos casos se agrega aditivos. En conclusión el concreto es la mezcla de cemento, los agregados, aire, agua formado por estos componentes.

### **Exudación**

Consiste en que parte del agua de mezcla tiende a elevarse a superficie del concreto recién colocado durante el proceso de fraguado.

### **Segregación**

Se define como la separación de los materiales que constituyen una mezcla heterogénea de manera que su distribución deja de ser uniforme por falta de cohesión. Puede ser ocasionada por la diferencia de tamaño de las partículas y la granulometría de los agregados.

### **Trabajabilidad**

Es la propiedad que determina el esfuerzo necesario para manipular una cantidad de concreto fresco con una mínima pérdida de homogeneidad.

### **Curado de concreto**

proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales durante el fraguado o endurecido del concreto.

## **CAPITULO III**

### **PROPUESTA TECNICA DE LA INVESTIGACION**

#### **3.1. DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO.**

##### **3.1.1. GENERALIDADES.**

El diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interrelación entre ellos, para lograr finalmente un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo.

Las proporciones de la mezcla de concreto, deben ser seleccionadas para proporcionar la manejabilidad, resistencia y durabilidad necesarias para el trabajo específico que se está realizando.

La trabajabilidad de una mezcla depende de la granulometría, perfil y proporciones del agregado, de la cantidad de cemento, de la presencia de aire incorporado, los aditivos, fibras sintéticas da una mayor consistencia.

Los procedimientos de diseño de estas recomendaciones toman en cuenta estos factores, con el fin de obtener una manejabilidad económicamente satisfactoria (7).

##### **3.1.2. PROCEDIMIENTOS Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS.**

###### **PRUEBAS DE COMPRESION DEL CONCRETO**

En este caso nuestro concreto patrón curado a 7 días llega a 69.01%, dato que pasa el porcentaje límite (67.86%).

Para un concreto patrón curado a 14 días llega a 86.91%, dato que pasa el porcentaje límite (83.93%).



Para un concreto patrón curado a 28 días llega a 102.45%, dato que pasa el porcentaje límite (100%).

Resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto adicionado con fibras de acero DRAMIX al 1, 2, 3 y 4% respecto al volumen del agregado fino de la mezcla

Procesamiento de datos para la resistencia a la compresión del concreto adicionado con fibras de acero DRAMIX al 1, 2, 3 y 4% respecto al volumen del agregado fino de la mezcla

Tabla III.1.  
 Resistencia a la compresión del concreto reemplazado con 1% de Dramix a 7 días

CONCRETO CON DRAMIX AL 1%									
COMPRESION	DIAMETRO		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	F'C (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C PROM (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJ E (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR	
7 DIAS	UC-1	10,12	10,13	80,60	11340,00	140,70333	166,95	79,50	21,22
		10,17							
		10,10							
	UC-2	10,11	10,1233333	80,49	15080,00	187,35465			
		10,13							
		10,13							
	UC-3	10,13	10,1266667	80,54	13660,00	169,60079			
		10,13							
		10,12							
	UC-1'	10,15	10,1333333	80,65	11400,00	141,35475			
		10,15							
		10,10							
	UC-2'	10,10	10,1	80,12	15000,00	187,22279			
		10,10							
		10,10							
UC-3'	10,13	10,1266667	80,54	14130,00	175,43625				
	10,13								
	10,12								

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.2.

Resistencia a la compresión del concreto reemplazado con 1% de Dramix a 14 días

CONCRETO CON DRAMIX AL 1%									
COMPRESION	DIAMETRO		AREA (cm <sup>2</sup> )	"G" CARGA (kg)	F'C kg/cm <sup>2</sup>	F'C PROM kg/cm <sup>2</sup>	PORCENTAJE (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR	
14 DIAS	UC-4	10,13	10,13	80,54	15200,00	188,72123	185,11	88,15%	3,04
		10,13							
		10,12							
	UC-5	10,1	10,10	80,12	14790,00	184,60167			
		10,1							
		10,1							
	UC-6	10,1	10,133333	80,65	14680,00	182,02524			
		10,2							
		10,1							
	UC-4'	10,10	10,13	80,65	15240,00	188,96898			
		10,10							
		10,20							
	UC-5'	10,2	10,18	81,45	14980,00	183,92557			
		10,2							
		10,15							
UC-6'	10,2	10,166667	81,18	14810,00	182,43497				
	10,2								
	10,1								

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.3.

Resistencia a la compresión del concreto reemplazado con 1% de Dramix a 28 días

CONCRETO CON DRAMIX AL 1%									
COMPRESION	DIAMETRO		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	F'C kg/cm <sup>2</sup>	F'C PROM kg/cm <sup>2</sup>	PORCENTAJE E (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR	
28 DIAS	UC-7	10,12	10,126667	80,54	16710,00	207,4692	207,12	98,63	2,67
		10,12							
		10,14							
	UC-8	10,1	10,113333	80,33	16730,00	208,26558			
		10,12							
		10,12							
	UC-9	10,13	10,123333	80,49	16610,00	206,36344			
		10,12							
		10,12							
	UC-7'	10,12	10,136667	80,70	16340,00	202,47524			
		10,15							
		10,14							
	UC-8'	10,15	10,13	80,60	16970,00	210,55869			
		10,12							
		10,12							
UC-9'	10,13	10,13	80,60	16730,00	207,58084				
	10,13								
	10,13								

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.4.

 Resistencia a la compresión del concreto reemplazado con 2% de  
 Dramix a 7 días

CONCRETO CON DRAMIX AL 2%									
COMPRESION	DIAMETRO		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	F'C kg/cm <sup>2</sup>	F'C PROM kg/cm <sup>2</sup>	PORCENTAJ E (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR	
7 DIAS	DC-1	10,01	10,066667	79,59	15370	193,11353	203,04	96,69	6,63
		10							
		10,19							
	DC-2	10,1	10,143333	80,81	16790	207,77798			
		10,1							
		10,23							
	DC-3	10,1	10,133333	80,65	16750	207,69228			
		10,1							
		10,2							
	DC-1'	10	10,033333	79,06	15500	196,04304			
		10							
		10,1							
	DC-2'	10,1	10,143333	80,81	16730	207,03547			
		10,1							
		10,23							
DC-3'	10,1	10,133333	80,65	16660	206,57633				
	10,1								
	10,2								

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.5.

 Resistencia a la compresión del concreto reemplazado con  
 2% de Dramix a 14 días

CONCRETO CON DRAMIX AL 2%									
COMPRESION	DIAMETRO		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	F'C kg/cm <sup>2</sup>	F'C PROM kg/cm <sup>2</sup>	PORCENTAJ E (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR	
14 DIAS	DC-4	10,12	10,12	80,38	19070	237,23896	232,07	110,51	4,96
		10,11							
		10,12							
	DC-5	10,12	10,12	80,44	19040	236,70974			
		10,12							
		10,12							
	DC-6	10,14	10,13	80,60	18080	224,33123			
		10,12							
		10,13							
	DC-4'	10,12	10,12	80,38	18510	230,27233			
		10,11							
		10,12							
	DC-5'	10,12	10,12	80,44	18850	234,34762			
		10,12							
		10,12							
DC-6'	10,14	10,13	80,60	18500	229,54247				
	10,12								
	10,13								

Fuente: Elaboración propia

Tabla III.6.

Resistencia a la compresión del concreto reemplazado con 2% de Dramix a 28 días

CONCRETO CON DRAMIX AL 2%									
COMPRESION		DIAMETRO		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	F'C kg/cm <sup>2</sup>	F'C PROM kg/cm <sup>2</sup>	PORCENTAJ E (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR
28 DIAS	DC-7	10,1	10,066667	79,59	19070	239,6015	236,30	112,52	8,68
		10,1							
		10							
	DC-8	10	10	78,54	19060	242,67951			
		10							
		10							
	DC-9	10,1	10,11	80,28	17830	222,10546			
		10,12							
		10,11							
	DC-7'	10,1	10,066667	79,59	19060	239,47585			
		10,1							
		10							
	DC-8'	10	10	78,54	19200	244,46204			
		10							
		10							
	DC-9'	10,1	10,11	80,28	18420	229,455			
		10,12							
		10,11							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.7.

Resistencia a la compresión del concreto reemplazado con 3% de Dramix a 7 días

CONCRETO CON DRAMIX AL 3%									
COMPRESION		DIAMETRO		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	F'C kg/cm <sup>2</sup>	F'C PROM kg/cm <sup>2</sup>	PORCENTAJ E (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR
7 DIAS	TC-1	10,1	10,133333	80,65	16380	203,10445	206,37	98,27	2,90
		10,1							
		10,2							
	TC-2	10,1	10,1	80,12	16810	209,81434			
		10,1							
		10,1							
	TC-3	10,1	10,133333	80,65	16380	203,10445			
		10,1							
		10,2							
	TC-1'	10,1	10,1	80,12	16520	206,1947			
		10,1							
		10,1							
	TC-2'	10,1	10,1	80,12	16770	209,31508			
		10,1							
		10,1							
	TC-3'	10,1	10,1	80,12	16560	206,69396			
		10,1							
		10,1							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.8.  
Resistencia a la compresión del concreto reemplazado con 3% de  
Dramix a 14 días

CONCRETO CON DRAMIX AL 3%									
COMPRESION	DIAMETRO		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	F'C kg/cm <sup>2</sup>	F'C PROM kg/cm <sup>2</sup>	PORCENTAJ E (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR	
14 DIAS	TC-4	10,14	10,13	80,65	15310	189,83695	208,59	99,33	14,79
		10,13							
		10,13							
	TC-5	10,12	10,14	80,70	15410	190,95125			
		10,13							
		10,16							
	TC-6	10	10,133333	80,65	18220	225,91961			
		10,2							
		10,2							
	TC-4'	10,15	10,15	80,91	17330	214,1789			
		10,15							
		10,15							
	TC-5'	10,13	10,14	80,70	17540	217,34491			
		10,13							
		10,15							
TC-6'	10,2	10,2	81,71	17430	213,30805				
	10,2								
	10,2								

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.9.  
Resistencia a la compresión del concreto reemplazado con 3% de  
Dramix a 28 días

CONCRETO CON DRAMIX AL 3%									
COMPRESION	DIAMETRO		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	F'C kg/cm <sup>2</sup>	F'C PROM kg/cm <sup>2</sup>	PORCENTAJ E (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR	
28 DIAS	TC-7	10	10,066667	79,59	18520	232,69112	235,83	112,30	22,60
		10,1							
		10,1							
	TC-8	10,1	10,1	80,12	16420	204,94655			
		10,1							
		10,1							
	TC-9	10,1	10,1	80,12	20970	261,73747			
		10,1							
		10,1							
	TC-7'	10	10,066667	79,59	18420	231,43469			
		10							
		10,2							
	TC-8'	10	10,033333	79,06	17540	221,84483			
		10,1							
		10							
TC-9'	10,1	10,066667	79,59	20880	262,34291				
	10,1								
	10								

Fuente: Elaboración propia

Tabla III.10.

Resistencia a la compresión del concreto reemplazado con 4% de Dramix a 7 días

CONCRETO CON DRAMIX AL 4%									
COMPRESION		DIAMETRO		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	F'C kg/cm <sup>2</sup>	F'C PROM kg/cm <sup>2</sup>	PORCENTAJ E (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR
7 DIAS	CC-1	10,1	10,1	80,12	11440	142,78858	156,10	74,33	8,47
		10,1							
		10,1							
	CC-2	10,1	10,1	80,12	12800	159,76345			
		10,1							
		10,1							
	CC-3	10,1	10,1	80,12	13150	164,13198			
		10,1							
		10,1							
	CC-1'	10,1	10,1	80,12	12560	156,76789			
		10,1							
		10,1							
	CC-2'	10,1	10,1	80,12	11970	149,40379			
		10,1							
		10,1							
	CC-3'	10,1	10,1	80,12	13120	163,75754			
		10,1							
		10,1							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.11.

Resistencia a la compresión del concreto reemplazado con 4% de Dramix a 14 días

CONCRETO CON DRAMIX AL 4%									
COMPRESION		DIAMETRO		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	F'C kg/cm <sup>2</sup>	F'C PROM kg/cm <sup>2</sup>	PORCENTAJ E (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR
14 DIAS	CC-4	10,2	10,17	81,18	16330	201,15889	190,12	90,53	13,99
		10,1							
		10,2							
	CC-5	10,11	10,12	80,44	13420	166,84058			
		10,15							
		10,1							
	CC-6	10,1	10,166667	81,18	16290	200,66615			
		10,2							
		10,2							
	CC-4'	10,2	10,17	81,18	15150	186,62322			
		10,1							
		10,2							
	CC-5'	10,11	10,12	80,44	16260	202,14813			
		10,15							
		10,1							
	CC-6'	10,1	10,166667	81,18	14880	183,29726			
		10,2							
		10,2							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.12.  
 Resistencia a la compresión del concreto reemplazado con 4% de Dramix a 28 días

CONCRETO CON DRAMIX AL 4%									
COMPRESION	DIAMETRO		AREA (cm2)	CARGA (kg)	F'C kg/cm2	F'C PROM kg/cm2	PORCENTAJ E (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR	
28 DIAS	CC-7	10	10,033333	79,06	15840	200,34334	196,33	93,49	3,23
		10							
		10,1							
	CC-8	10,1	10,033333	79,06	15320	193,76641			
		10							
		10							
	CC-9	10	10,066667	79,59	15610	196,12896			
		10,1							
		10,1							
	CC-7'	10	10,033333	79,06	15800	199,83742			
		10							
		10,1							
	CC-8'	10,1	10,033333	79,06	15200	192,24866			
		10							
		10							
CC-9'	10	10,066667	79,59	15570	195,62639				
	10,1								
	10,1								

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. GENERALIDADES.

En el presente trabajo de investigación según su propósito es de tipo aplicada, tecnológica y según su estrategia es experimental, ya que se requiere verificar el incremento de la resistencia mecánica del concreto, con ensayos en el laboratorio con su respectivo diseño de mezcla

#### 4.2. METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE MEZCLA.

Existen en la actualidad una serie de métodos de diseño de mezclas; Ante este panorama, hay que tener muy claro que no existe ningún método perfecto, ni que nos proporcione una exactitud, para solucionar todos los casos prácticos, por lo que las bondades de un método sobre otro residen finalmente en el criterio personal de quien los aplique. En el presente trabajo se utilizó el "Método del ACI." Se describe el método:

##### **Método ACI.**

Este procedimiento considera nueve pasos para el proporcionamiento de mezclas de concreto normal, incluidos el ajuste por humedad de los agregados y la corrección a las mezclas de prueba:

1. El primer paso contempla la selección del revenimiento, cuando este no se especifica el informe del ACI incluye una tabla en la que se recomiendan diferentes valores de revenimiento de acuerdo con el tipo de construcción que se requiera. Los valores son aplicables cuando se emplea el vibrado para compactar el concreto, en caso contrario dichos valores deben ser incrementados en dos y medio centímetros.



2. La elección del tamaño máximo del agregado, segundo paso del método, debe considerar la separación de los costados de la cimbra, el espesor de la losa y el espacio libre entre varillas individuales o paquetes de ellas. Por consideraciones económicas es preferible el mayor tamaño disponible, siempre y cuando se utilice una trabajabilidad adecuada y el procedimiento de compactación permite que el concreto sea colado sin cavidades o huecos. La cantidad de agua que se requiere para producir un determinado revenimiento depende del tamaño máximo, de la forma y granulometría de los agregados, la temperatura del concreto, la cantidad de aire incluido y el uso de aditivos químicos.
3. Como tercer paso, el informe presenta una tabla con los contenidos de agua recomendables en función del revenimiento requerido y el tamaño máximo del agregado, considerando concreto sin y con aire incluido.
4. Como cuarto paso, el ACI proporciona una tabla con los valores de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que se requiera, por supuesto la resistencia promedio seleccionada debe exceder la resistencia especificada con un margen suficiente para mantener dentro de los límites especificados las pruebas con valores bajos. En una segunda tabla aparecen los valores de la relación agua/cemento para casos de exposición severa.
5. El contenido de cemento se calcula con la cantidad de agua, determinada en el paso tres, y la relación agua cemento, obtenida en el paso cuatro; cuando se requiera un contenido mínimo de cemento o los requisitos de durabilidad lo especifiquen, la mezcla se deberá basar en un criterio que conduzca a una cantidad mayor de cemento, esta parte constituye el quinto paso del método.
6. Para el sexto paso del procedimiento el ACI maneja una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto, los

valores dependen del tamaño máximo nominal de la grava y del módulo de finura de la arena. El volumen de agregado se muestra en metros cúbicos con base en varillado en seco para un metro cúbico de concreto, el volumen se convierte a peso seco del agregado grueso requerido en un metro cúbico de concreto, multiplicándolo por el peso volumétrico de varillado en seco.

7. Hasta el paso anterior se tienen estimados todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se calcula por diferencia. Para este séptimo paso, es posible emplear cualquiera de los dos procedimientos siguientes: por peso o por volumen absoluto.
8. El octavo paso consiste en ajustar las mezclas por humedad de los agregados, el agua que se añade a la mezcla se debe reducir en cantidad igual a la humedad libre contribuida por el agregado, es decir, humedad total menos absorción.
9. El último paso se refiere a los ajustes a las mezclas de prueba, en las que se debe verificar el peso volumétrico del concreto, su contenido de aire, la trabajabilidad apropiada mediante el revenimiento y la ausencia de segregación y sangrado, así como las propiedades de acabado.

Para correcciones por diferencias en el revenimiento, en el contenido de aire o en el peso unitario del concreto el informe ACI 211.1-91 proporciona una serie de recomendaciones que ajustan la mezcla de prueba hasta lograr las propiedades especificadas en el concreto.

### 4.3. ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN DE RESULTADOS.

#### 4.3.1. GRANULOMETRIA.

El agregado fino debe estar graduado dentro de los límites indicados en la norma ITEINTEC 400.37 Para el agregado fino el peso de la muestra de ensayo fue 500 gr.

a) AGREGADO FINO (isla).

Tabla IV.1.  
Granulometría del agregado fino usado.

<b>AGREGADO FINO</b>	
Peso específico de masa (gr/cm <sup>3</sup> )	2.71
Absorción (%)	1.46
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1662.02
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1713.87
Porcentaje de vacíos (%)	38
Contenido de Humedad (%)	2.44%
Módulo de fineza	2.46

Fuente: Elaboración Propia.

La presente combinación mecánica del agregado fino, de acuerdo a su densidad es un agregado normal, dado que se encuentra entre los parámetros de 2.5 y 2.75.

#### 4.4. Resultados de las propiedades de los agregados gruesos de la cantera ISLA

Tabla IV.2.  
Propiedades de agregado grueso de la cantera de Vicho

<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Tamaño máximo nominal	3/4"
Absorción %	1.48
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1432.62
Peso seco compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1583.52
Peso específico de masa (gr/m <sup>3</sup> )	2.69
Contenido de Humedad (%)	0.01%

Fuente: Elaboración Propia.

El agregado grueso utilizado en la investigación, de acuerdo a su densidad es un agregado normal, dado que se encuentra entre los parámetros de 2.5 y 2.75.

#### 4.4.1. Comparación del revenimiento del concreto patrón y del concreto con fibra de acero Dramix 3d.

Tabla IV.3.

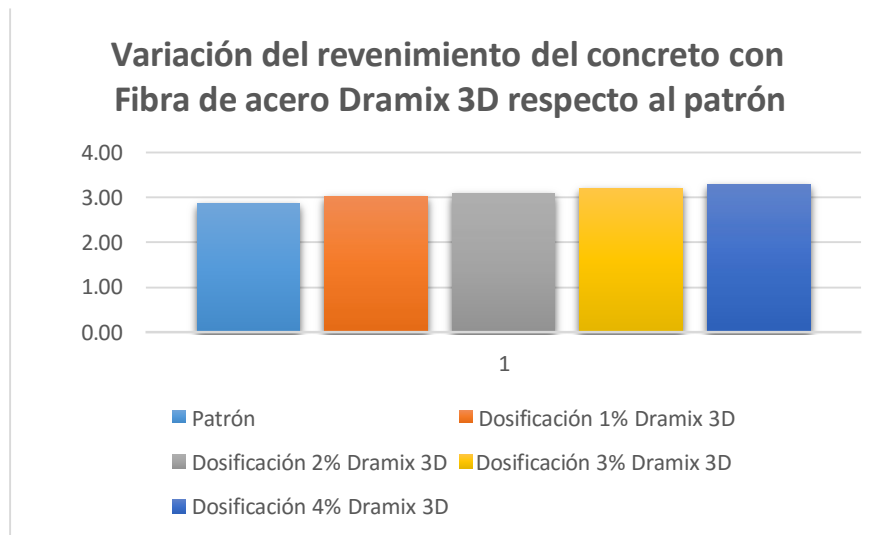
Comparación del revenimiento del concreto patrón y del concreto con fibras de acero Dramix 3D al 1, 2, 3 y 4%

COMPARACIÓN DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO PATRÓN Y DEL CONCRETO ADICIONADO CON FIBRAS DE ACERO DRAMIX 3D EN DOSIFICACIONES DE 1, 2, 3 Y 4% RESPECTO AL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO DE LA MEZCLA						
DOSIFICACIÓN DE FIBRA DE ACERO DRAMIX 3D EN EL CONCRETO	PROMEDIO SLUMP FIBRA DRAMIX 3D (pulg.)	% DE VARIACION	CONSISTENCIA	CONCRET O PATRON	PROMEDIO SLUMP (pulg.)	CONSISTENCIA
DOSIFICACIÓN 1% DE FIBRA DE ACERO	3,02	5,23%	Plástica	SIN ADICION DE FIBRA	2,87	Plástica
DOSIFICACIÓN 2% DE FIBRA DE ACERO	3,1	8,01%	Plástica (tendencia leve a Mezcla fluida)	SIN ADICION DE FIBRA		
DOSIFICACIÓN 3% DE FIBRA DE ACERO	3,21	11,85%	Plástica (tendencia leve a Mezcla fluida)	SIN ADICION DE FIBRA		
DOSIFICACIÓN 4% DE FIBRA DE ACERO	3,29	14,63%	Plástica (tendencia leve a Mezcla fluida)	SIN ADICION DE FIBRA		

Fuente: Elaboración Propia.

Figura IV.1.

Variación del revenimiento del concreto con fibra de acero Dramix 3D respecto al patrón (pulg.)



Fuente: Elaboración Propia.

**4.4.2. Resultados de la evolución de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con fibra de acero Dramix 3d a los 7 días de curado.**

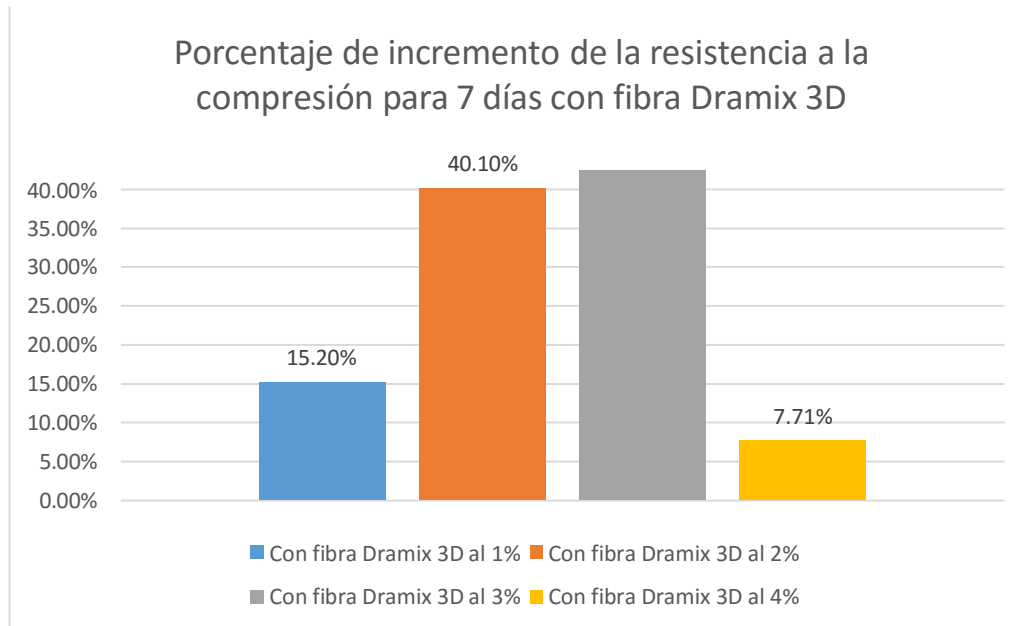
Tabla IV.4.  
 Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con fibra de acero Dramix 3D a los 7 días de curado

PORCENTAJE DE ADICIÓN FIBRA DE ACERO	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO A 7 DÍAS (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DE INCREMENTO A LA RESISTENCIA A 7 DÍAS
Adición de fibra 1%	166,95	15,20%
Adición de fibra 2%	203,04	40,10%
Adición de fibra 3%	206,37	42,40%
Adición de fibra 4%	156,10	7,71%
Concreto Patrón (0 %)	144,92	0

Fuente: Elaboración propia.

Figura IV.2.

Porcentaje de la evolución de la resistencia a compresión del concreto con fibra de acero Dramix 3D a 7 días



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico se observa que el mayor incremento en la resistencia a la compresión a los 7 días de curado, se da con la adición de 3% de fibra de acero, teniendo un valor de 206.37 kg/cm<sup>2</sup> que representa un incremento en 42.40% respecto a la resistencia dada por el concreto patrón a la misma edad.

Se tiene también un incremento considerable en los porcentajes de 1, 2 y 4% a la edad de 7 días de curado.

**4.4.3. Resultados de la evolución de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con fibra de acero Dramix 3d a los 14 días de curado.**

Tabla IV.5.

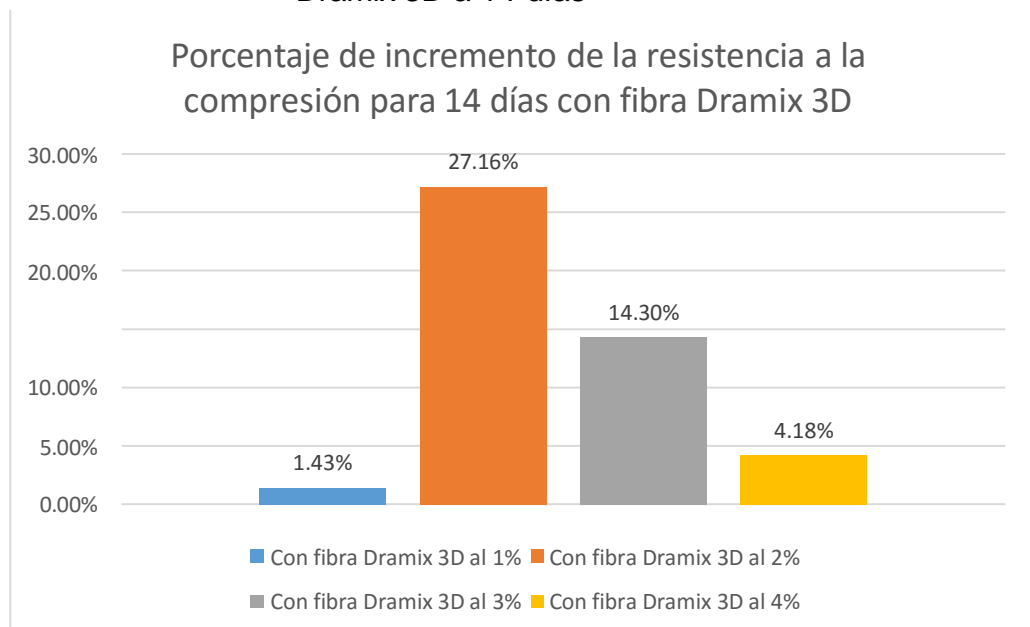
Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con fibra de acero Dramix 3D a los 14 días de curado

PORCENTAJE DE ADICIÓN FIBRA DE ACERO	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO A 14 DÍAS (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DE INCREMENTO A LA RESISTENCIA A 14 DÍAS
Adición de fibra 1%	185,11	1,43%
Adición de fibra 2%	232,07	27,16%
Adición de fibra 3%	208,59	14,30%
Adición de fibra 4%	190,12	4,18%
Concreto Patrón (0 %)	182,5	0

Fuente: Elaboración propia.

Figura IV.3.

Porcentaje de la evolución de la resistencia a compresión del concreto con fibra de acero Dramix 3D a 14 días



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico se observa que el mayor incremento en la resistencia a la compresión a los 14 días de curado, se da con la adición de 2% de fibra de acero, teniendo un valor de 232.07 kg/cm<sup>2</sup> que representa un incremento en 27.16% respecto a la resistencia dada por el concreto patrón a la misma edad.

Se tiene también un incremento considerable en el porcentaje de 3%. El incremento se reduce para los porcentajes de 1% y 4% a la edad de 14 días de curado.

#### 4.5. Resultados de la evolución de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con fibra de acero Dramix 3d a los 28 días de curado.

Tabla IV.6.

Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con fibra de acero Dramix 3D a los 28 días de curado

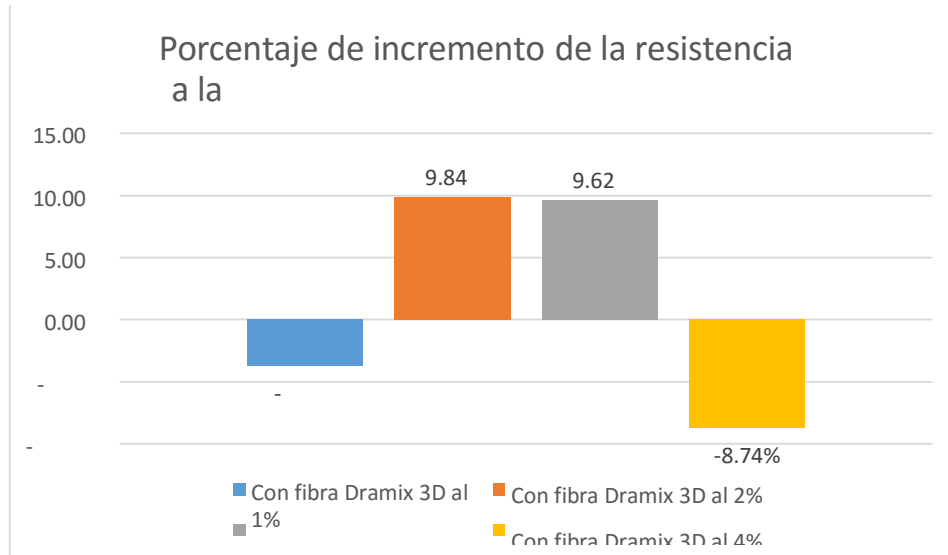
PORCENTAJE DE ADICIÓN FIBRA DE ACERO	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO A 28 DÍAS (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DE INCREMENTO A LA RESISTENCIA A 28 DÍAS
Adición de fibra 1%	207,12	-3,73%
Adición de fibra 2%	236,3	9,84%
Adición de fibra 3%	235,83	9,62%
Adición de fibra 4%	196,33	-8,74%
Concreto Patrón (0 %)	215,14	0

Fuente: Elaboración propia



Figura IV.4.

Porcentaje de la evolución de la resistencia a compresión del concreto con fibra de acero Dramix 3D a 28 días



Fuente: Elaboración propia.

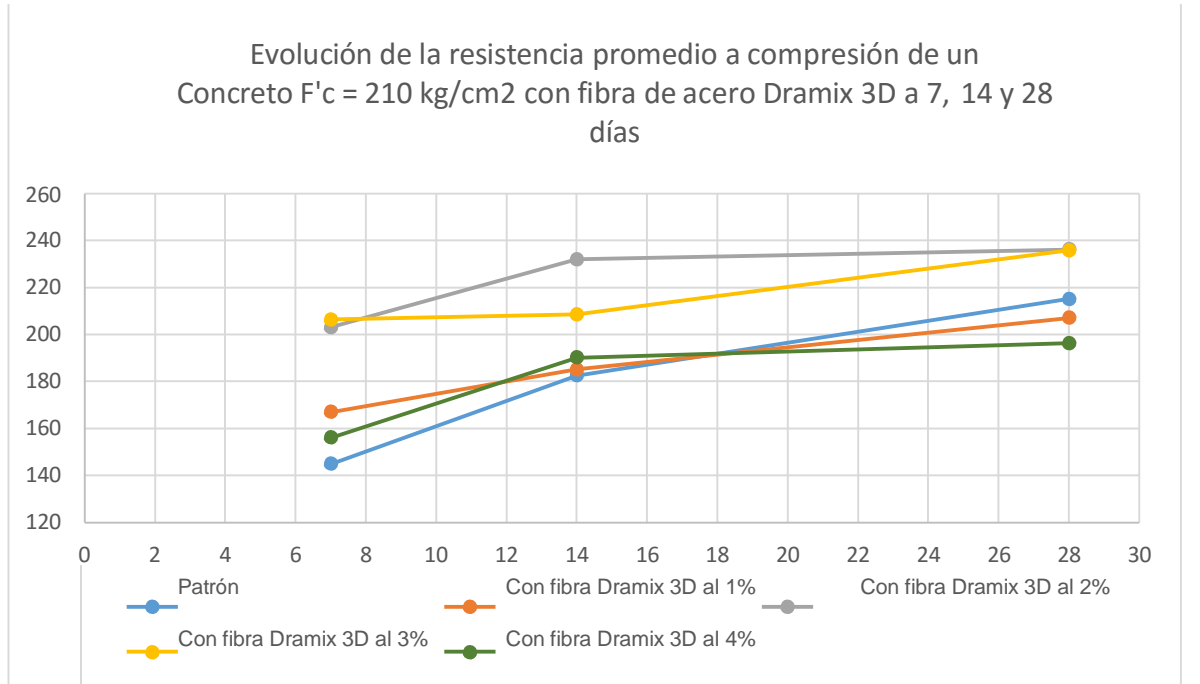
En el gráfico se observa que el mayor incremento en la resistencia a la compresión a los 28 días de curado, se da con la adición de 2% de fibra de acero, teniendo un valor de 236.3 kg/cm<sup>2</sup> que representa un incremento en 9.84% respecto a la resistencia dada por el concreto patrón a la misma edad.

Se tiene también un incremento parecido en el porcentaje de 3%.

No se registra una buena respuesta en los porcentajes de 1% y 4%, debido a que no llegan a la resistencia de diseño a los 28 días de curado.

Figura IV.5.

Evolución de la resistencia a compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto patrón y el concreto con fibra de acero Dramix 3D a 7, 14 y 28 días de curado



Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

#### PRIMERO:

Al realizar los ensayos de rotura a compresión y flexión se observó que a 28 días de curado, en compresión los porcentajes de 2% y 3% aumentan en un 9.84% y 9.62% respecto al concreto patrón, en cambio los porcentajes de 1% y 4% no muestran ninguna clase de aumento.

#### SEGUNDO:

La proporción en peso para un diseño de mezcla de un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionado con fibras de acero Dramix 3D es próxima a 1:2:3; respectivamente cemento, agregado fino y agregado grueso". Al realizar el diseño de mezcla para un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, se demuestra que la adición de fibras Dramix 3D, modifica la dosificación final de 1: 2: 2.58, en 1% a 1: 1.96: 2.58, en 2% 1: 1.94: 2.58, en 3% 1: 1.91: 2.58, en 4% 1: 1.88: 2.58, pero que esta modificación no altera la plasticidad de la mezcla de concreto

#### TERCERO:

La dosificación óptima de Dramix 3D que generará la mayor resistencia a compresión en un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> estará entre el 2 y 3% respecto al volumen del agregado fino de la mezcla", Mediante el ensayo de resistencia a compresión del concreto a 7, 14 y 28 días se muestra que el incremento que dan los porcentajes de 2% y 3%

## RECOMENDACIONES

### **PRIMERO:**

De preferencia no emplear áridos de tamaño superior a 20 mm, para evitar una mala distribución de las fibras de acero dentro de la mezcla de concreto.

### **SEGUNDO:**

Se recomienda realizar una evaluación de éste concreto adicionado con fibras de acero Dramix 3D para resistencias mayores y menores a 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### **TERCERO:**

Se recomienda el análisis en la influencia del fisuramiento producida por la adición de fibras de acero Dramix 3D en el concreto.

### **CUARTO:**

Al realizar el proceso de mezclado, es recomendable separar previamente las fibras de acero e introducirlas junto con los agregados o al final de todos los componentes.

### **QUINTO:**

En cuanto al costo de las fibras de acero, se debe tomar en consideración el costo beneficio que estas proporcionan a lo largo de la vida útil de las obras en las que se empleó.

### **SEXTO:**

Es importante tomar las medidas de seguridad al momento de manipular las fibras de acero Dramix 3D, debido a que éstas pueden producir cortes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ABANTO CASTILLO, Flavio. "Tecnología del concreto" – Segunda edición, 2005.

Juárez Badillo - Rico Rodríguez. "mecánica de suelos"- Tomo 1 edición Limusa 2005.

ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO ASOCEM – "Boletines Técnicos", Lima – Perú 2002.

ASTM – Normas Indicadas.

DE LAS CASAS Pasquel, J. - Algunos Aspectos importantes para lograr un buen concreto, 2006.

GONZALES DE LA CONTRERAS. Requerimientos del Cemento en los Reglamentos de la Construcción ASOCEM, 1996.

NEVILLE, Adam M. - Tecnología del Concreto, 2000.

GONZALES SALCEDO, Luis Octavio. "Generalidades sobre las Fibras Artificiales". Colombia 2010.

PASQUEL CARBAJAL, Enrique. Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Primera y Segunda Edición.

PASQUEL CARBAJAL, Enrique. "Curado de Concreto en el Altiplano empleando recursos de la zona" – VI Congreso Nacional de Ingeniería Civil – Cajamarca 1984.

CRUZ CALAPUJA, Nestor Alejandro. "Comportamiento de Mezclas

---

Adicionadas Con Fibras de Acero Xorex"-Tesis de Ingeniero Civil – Juliaca, 2010.

BARZOLA GASTELU, Carlos. "Estudio del Concreto de Cemento Puzolánico con Aditivos Químicos, Reductor de Agua e Incorporador de Aire". Lima – Perú 2013.

RIVVA LOPEZ, Enrique. Recomendaciones para el proceso de puesta en obra de estructuras de concreto. Lima – Perú 2005.

ROMERO UMLAUFF, Alfredo. Concretos en condiciones extremas de temperatura. I Congreso Nacional de Ingeniería Estructural y Construcciones ACI-CAPITULO PERUANO, Lima – Perú 1998.

SANCHEZ DE GUZMAN D - Tecnología del Concreto y del Mortero.

ACI Committee 305 (1999). "Hot Weather Concreting", ACI 305-R99, Detroit.

ACI Committee 308 (2002). "Guide to Curing Concrete", ACI 308R-01, Detroit.

González, F. (2000). "Manual de supervisión de obras de concreto", 2ª edición Limusa Noriega Editores, México.

Juárez Badillo-Rico Rodríguez. "mecánica de suelos"- Tomo 2 edición Limusa 2005.

#### INTERNET:

- <http://www.katodos.com/doctos/81f459021729e3a6bf02db0430923c9b.doc>

- [http://fic.uni.edu.pe/construccion/concreto/Concreto%201/curado%20concr\\_eto.ppt](http://fic.uni.edu.pe/construccion/concreto/Concreto%201/curado%20concr_eto.ppt)

- <http://www.arqhys.com/arquitectura/concreto-curado.html>

- [http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP\\_11\\_ES.pdf](http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP_11_ES.pdf)

- <http://www.bekaert.com/building/dramix>

## **ANEXOS**

### **Anexo 1**

#### **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuáles serán los efectos de las fibras de acero Dramix en las propiedades mecánicas del concreto estructural en la ciudad de Puno - 2017?</p> <p><b>Problema específico:</b></p> <p>¿Cuáles son los efectos de las fibras de acero Dramix en la resistencia a la compresión de Fc 210 kg / cm<sup>2</sup> del concreto estructural en la ciudad de Puno?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Analizar los efectos de las fibras de acero Dramix en las propiedades mecánicas del concreto estructural en la ciudad de Puno - 2017</p> <p><b>Objetivo específico:</b></p> <p>Analizar los efectos de las fibras de acero Dramix en la resistencia a la compresión de Fc 210 kg / cm<sup>2</sup> del concreto estructural en la ciudad de Puno.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>Los efectos de las fibras de acero Dramix en las propiedades mecánicas del concreto estructural son significativos en la ciudad de Puno – 2017.</p> <p><b>Hipótesis específica:</b></p> <p>Los efectos de las fibras de acero Dramix en la resistencia a la compresión de Fc 210 kg / cm<sup>2</sup> del concreto estructural son significativos en la ciudad de Puno</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</p> <p>Fibras de acero Dramix</p>	<p>estructura</p>	<p>– 1 % fibra de acero</p> <p>– 2% fibra de acero</p>	<p><b>TIPO:</b></p> <p>Cuantitativa,</p> <p><b>NIVEL:</b></p> <p>Explicativo,</p> <p><b>DISEÑO:</b></p> <p>Experimental</p>
			<p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</p> <p>Resistencia mecánica a la compresión</p>	<p>Concreto Fc 210 kg / cm<sup>2</sup></p>	<p>– resistencia en compresión (Kg. /cm<sup>2</sup>)</p>	<p><b>MÉTODO:</b></p> <p>Deductivo-inductivo</p> <p><b>POBLACIÓN:</b></p> <p>Especímenes de concreto</p> <p><b>MUESTRA:</b></p> <p>4 tratamientos 12 especímenes</p>
				<p>Concreto Fc 175 kg / cm<sup>2</sup></p>	<p>– resistencia en compresión (Kg. /cm<sup>2</sup>)</p>	<p><b>TÉCNICAS:</b></p> <p>Ensayos de laboratorio</p> <p><b>INSTRUMENTOS:</b></p> <p>Certificaciones de laboratorio</p> <p><b>PROCEDIMIENTO</b></p> <p>ANOVA</p>