

Tecnología del concreto

Capítulo 2: Materiales para el concreto



Tecnología del concreto

Capítulo 2: Materiales para el concreto

ISBN: ISBN: 978-9942-40-954-6

Edición: Primera.

Editorial: AutanaBooks

Fecha de Publicación: Marzo de 2022

Autores: De La Cruz Vega Sleyther Arturo, Mendoza Flores Cristian Milton, Pezo Morales Pablo Adrián, Garrido Oyola José Antonio, Ascoy Flores Kevin Arturo, Suclupe Sandoval Robert Edinson.

ISBN: 978-9942-40-954-6



INFORMACIÓN DE LOS AUTORES



Sleyther Arturo De La Cruz Vega:

Es ingeniero civil con maestría en ecología y gestión ambiental. Cuenta con estudios de doctorado en ingeniería civil. Tiene experiencia en el área de proyectos. Es docente de la universidad nacional de barranca, asesor de tesis y proyectos de investigación.

<https://orcid.org/0000-0003-0254-301X>

Correo: sdelacruz@unab.edu.pe

Afiliación institucional: Universidad Nacional de Barranca



Cristian Milton Mendoza Flores

Es Licenciado en Física de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo desde el año 2006 en la ciudad de Lambayeque, Perú, también cuenta con el grado de maestro en ecología y gestión ambiental de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión desde el año 2018. En la actualidad es docente de la Universidad José Faustino Sánchez Carrión y desempeña el cargo de director (e) en el departamento académico de física

<https://orcid.org/0000-0002-2298-6224>

Correo: cmendozaf@unjfsc.edu.pe

Afiliación institucional: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

**Pablo Adrián Pezo Morales:**

Ingeniero civil con maestría en gerencia de proyectos de ingeniería. Es docente de la universidad nacional de Barranca, actualmente realiza proyectos del ámbito de ingeniería en el Perú.

<https://orcid.org/0000-0002-7173-7881>

Correo: ppezo@unab.edu.pe

Afiliación institucional: Universidad Nacional de Barranca

**José Antonio Garrido Oyola:**

Es ingeniero industrial de la universidad nacional José Faustino Sánchez Carrión desde el año 1998. Cuenta con el grado de maestro en ingeniería industrial en la universidad nacional José Faustino Sánchez Carrión, actualmente se viene desempeñando como docente de la escuela de ingeniería industrial.

<https://orcid.org/0000-0002-8191-8600>

Correo: jgarrido@unjfsc.edu.pe

Afiliación institucional: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

**Kevin Arturo Ascoy Flores**

Ingeniero civil, con estudios de posgrado en gestión pública y gobernabilidad, con alta experiencia en procesos constructivos y administración pública, catedrático de la Universidad Cesar Vallejo en la rama de construcción e hidráulica.

<https://orcid.org/0000-0003-2452-4805>

Correo: kascoy@ucv.edu.pe

Afiliación institucional: Universidad Cesar Vallejo

**Robert Edinson Suclupe Sandoval**

Es ingeniero civil con experiencia en el sector privado y público, y estudios de profesionalización afín a ingeniería civil, especialista en la formulación y evaluación de proyectos. Con más de 10 años de experiencia académica, viene asumiendo cargo de coordinador de la escuela de ingeniería civil de la Universidad Cesar Vallejo del campus Chiclayo.

<https://orcid.org/0000-0001-5730-0782>

Correo: rsuclupe@ucv.edu.pe

Afiliación institucional: Universidad Cesar Vallejo

I. INTRODUCCIÓN

El siguiente capítulo de libro presenta los componentes esenciales del concreto, siendo este un material que puede adquirir cualquier forma en estado líquido y es muy resistente en estado endurecido además de ser estética para ser utilizadas en una diversidad de aplicaciones.

El concreto es un material popular dentro del ámbito de la construcción. Como primer componente esencial tenemos al cemento el cual permite la adherencia de los agregados y permite la resistencia a la compresión y durabilidad. Como segundo componente tenemos a los agregados la cual la clasificaremos en agregado grueso que proviene de la descomposición de las rocas y se divide en piedra chancada y canto rodado, estos se quedan retenidos en el tamiz N°4. Por otro lado está el agregado fino que es el producto de la desintegración de las rocas, a diferencia del agregado grueso el agregado fino pasa por el tamiz 3/8'' y queda retenido en la malla N°200. Estos agregados cumplen con las especificaciones de la NTP 400.037 y el estándar ASTM C-33. Como tercer componente tenemos el agua que permite que el cemento reaccione químicamente y contribuye a controlar la temperatura de sus reacciones. El cuarto componente son los aditivos, estos serán agregados en la etapa del mezclado la cual modificara algunas propiedades de la mezcla, se pueden clasificarse en categorías según el efecto que pueda provocar en el mezclado.

El diseño de mezcla consiste en determinar las cantidades de cada material para obtener un concreto óptimo. Los materiales que se utilizan, aportan una característica importante al concreto. Luego de realizado el mezclado se realizan los diferentes ensayos de control de calidad como asentamiento, pérdida de manejabilidad, masa unitaria, tiempos de fraguado y resistencia a la compresión.

El incremento de la resistencia del concreto aumenta a los 7, 14 y 28 días, siendo este último periodo el que nos brinda si se alcanzó la resistencia de diseño. Es por eso que, desde la selección de los materiales, mezcla y curado de concreto se debe de tener un minucioso cuidado con la finalidad de que este sea duradero y minimice las patologías producto del medio ambiente.

II. ASPECTOS TEÓRICOS Y CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

En este apartado se describen algunos aspectos teóricos que componen la teoría del cemento, y que son necesarias y fundamentales para conocer las propiedades del mismo y las tecnologías asociadas a él. Asimismo, presenta desarrollo de cada uno de los ensayos de laboratorio que se requieren para un posterior diseño de mezcla tales como el ensayo granulométrico, peso unitario, absorción, peso específico de los agregados fino y grueso. Asimismo, se muestra las características del agua, el aire y los aditivos en el concreto.

El Clinker es la pieza clave de la fabricación de cemento, es fabricado mediante el proceso que comienza por combinar una fuente de cal, tal como las calizas; una fuente de sílice y alúmina como las arcillas y una fuente de óxido de hierro, como el hierro. Una mezcla adecuadamente dosificada de los materiales crudos es finamente molida y calentada a 1500 ° C.

El principal componente del concreto es el cemento, definido como un conglomerante cuyas propiedades adhesivas y cohesivas le brindan la peculiar característica de poder unir fragmentos minerales mediante complejas reacciones químicas cuando tiene contacto con el agua formando así una pasta moldeable, que posteriormente forman un todo compacto al endurecerse.

En la antigüedad el aglomerante clásico de los materiales de construcción fue la cal. Desde los tiempos de los asirios, caldeos y babilónicos primero; en Grecia y Roma después, y hasta mediados del siglo XVIII, se empleó la cal como único aglomerante estable para las construcciones. Pero fue Jhon Smeaton quien estudio a más profundidad en la construcción del faro de Eddystone, hasta que en 1824 fue patentada por un albañil llamado Joseph quien llamo cemento a un producto que al endurecerse se asemejaba al de la piedra de la isla Portland.

El cemento portland tal como lo indica la Norma Técnica Peruana es capaz de soportar las presiones del agua, está compuesto por elementos químicos como el calcio y otros, este cemento es obtenido a través de los procesos para la obtención del Clinker de portland.

El concreto se considera como la mezcla pastosa (cemento + agua + agregados), y algunos productos adicionales como aditivos. En estas pastas de cemento, sus componentes activos envuelven sus agregados y rellenan los espacios vacíos.

Esta concreto tiene tres estados físicos, el primero es un estado fresco que caracteriza al material como una masa, blanda y manejable que puede adquirir cualquier forma, el segundo es el estado fraguado, que se caracteriza por el endurecimiento inicial del concreto y el estado endurecido, que se produce luego de fraguar y es el momento

en el que empieza a ganar resistencia y se endurece por completo.

El consumo del cemento está relacionado directamente con el aumento de la población mundial y con el progreso de los países, además su uso ha crecido durante las últimas décadas debido al desarrollo de la construcción. El cemento y su principal aplicación, el hormigón, son componentes vitales para la Industria de las construcciones civiles que hacen a la infraestructura de un país, en el Siglo XXI.

Tipos de cementos

En Perú existen las Normas Técnicas Peruanas (NTPs), las cuales han sido desarrolladas tomando en cuenta las normas ASTM; logrando así NTP 334.009, NTP 334.082 y NTP 334.090, para grados de cemento, en cumplimiento de las normas establecidas en la ASTM. La tabla 1 muestra los tipos de cemento portland y sus características.

La clasificación de los cementos son : el cemento portland que proviene de la pulverización de Clinker y adición de sulfato de calcio, el cemento hidráulico con puzolana que proviene del Clinker, yeso, puzolana , cemento hidráulico con escoria compuesto de Clinker, yeso y escorio de alto horno, cemento hidráulico de uso general que se compone de Clinker, yeso y otros compuestos minerales y los cementos modificados por congelamiento, alta resistencia inicial, resistente a sulfatos, bajo calor de hidratación, moderado calor de hidratación etc.

Tabla 1. Tipos de cemento portland

Cementos hidráulicos	Tipo	Características
Cemento Portland	I	Uso general
	II	Uso general con moderada resistencia a los sulfatos
	III	Alta resistencia inicial
	IV	Bajo calor de hidratación
	V	Alta resistencia a los sulfatos
Cemento Portland Adicionados	IS	Adicionado con escoria de alto horno
	IP	Adicionado puzolánico
	I(PM)	Adicionado puzolánico modificado
	IL	Adicionado con caliza
	IT	Adicionado ternario
Cementos hidráulicos especificado por desempeño	ICo	Adicionado compuesto
	GU	Utilización general
	HE	Resistencia inicial elevada
	MS	Moderada resistencia a sulfatos
	HS	Alta resistencia a los sulfatos
	MH	Moderado calor de hidratación
LH	Bajo calor de hidratación	

Fuente: Sociedad Americana para Ensayos y Materiales - ASTM.

Cementos en el Perú y latinoamerica

En el Perú existe un amplio mercado de cemento siendo unas más conocidas que otras y algunas que perduraron en el tiempo; entre las cuales tenemos Cementos Apu, cementos Moche, cementos Pacasmayo, cemento Inka, cementos Lima, cementos Sol, cementos Yura, cementos Andino, cementos Wari, cementos Quisqueya y cementos Selva

Actualmente en el Perú, se pueden conseguir una infinidad de marcas de elaboradas, siendo un mercado amplio que ofrecen una amplia gama de cemento, es por ello que para muchas personas es un tema un tanto difícil y abrumadora poder decidir sobre una categoría y proceder con una compra.

En Ecuador se fabrica el cemento Chimborazo, cemento Selva Alegre, cemento Campeon, cemento Holcin, cemento Armadura, cemento Guapan, cemento Manabi.

En Chile existen marcas de cementos muy reconocidas como el cemento Popaico, cemento Bio Bio, cemento Melon, cemento Yura Chile, cemento la Unión, cemento BSA.

Composición del cemento

Entre los principales compuestos del cemento se encuentra el silicato tricálcico, silicato bicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico. La tabla 2 expone los principales compuestos del cemento.

Tabla 2. Principales compuestos del cemento

Componentes	Nomenclatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	C3S	60% - 30%
Silicato bicálcico	C2S	37% - 15%
Aluminato tricálcico	C3A	15% - 7%
Ferroaluminato tetracálcico	C4AF	10% - 8%

Fuente: Materiales para el concreto.

Los componentes del cemento tienen características principales que benefician o pueden perjudicar la elaboración del concreto mencionándolos a continuación:

Silicato tricálcico: El cemento fragua más rápido y alcanza una mayor resistencia esencialmente debido a una combinación de sílice calcárea conocida como silicato tricálcico, que está compuesto de 73,7% de cal y 26,3 % de ácido silícico. Es el compuesto mineral de mayor importancia del Clinker y exhibe cristales poligonales bien formados, con secciones transversales primitivas que tienen bordes rectangulares o hexagonales.

Silicato bicálcico: El silicato dicálcico consta de 65,1 % de cal y 34,9 % de ácido silícico. Hay al menos cuatro formas de ortosilicato de calcio, cuya estabilidad varía de 1470 ° C a 820 ° C. El silicato dicálcico tiene una tasa de hidratación lenta, caracterizándolo como un componente principal de los cementos de fraguado lento.

Aluminato Tricálcico: El aluminato tricálcico consta de 62,3 % de cal y 37,7 % de alúmina. Después de los álcalis, las alúminas son los primeros compuestos de cemento que reaccionan con el agua. Está elaborado con un altísimo índice de hidratación, hasta el punto de ser casi instantáneo.

Ferroaluminato tetracálcico: El ferroaluminato tetracálcico tiene la composición de 46,1 % de cal, 2,1% de aluminio y 32,9% de óxido de hierro. Después de los álcalis, las alúminas son los primeros compuestos de cemento que tienen reacciones con el agua. Está elaborado con un altísimo índice de hidratación, hasta el punto de ser casi instantáneo.

Precios de los cementos

Los precios de los cementos en el Perú varían según el distribuidor (Tabla 3), el lugar y el tipo, los precios promedios del costo de una bolsa de cemento son los siguientes:

Tabla 3. Precios de los cementos en el Perú

Cemento	Tipo	Precio	Fecha	Fuente
Cemento Nacional	Ico	19,70 soles	09/02/22	www.sodimac.com.pe
Cemento Pacasmayo	MS	22,90 soles	09/02/22	www.sodimac.com.pe
Cemento Quisqueya	I	20,00 soles	09/02/22	www.ferreteriaperu.com
Cemento Sol	I	26,00 soles	09/02/22	www.sodimac.com.pe
Cemento Apu	I	24,00 soles	09/02/22	www.sodimac.com.pe
Cemento tipo Andino	HS	27,60 soles	09/02/22	www.promart.pe
Cemento Mochica	MS	24,40 soles	09/02/22	www.sodimac.com.pe

Propiedades del cemento

Finura

Se refiere al tamaño que tiene las partículas del cemento y se mide en términos de porcentaje retenido después de tamizar el cemento, se encuentra entre sus propiedades principales del cemento debido a que es la determinante de la velocidad de hidratación, la retracción, su desarrollo del calor de hidratación y la adquisición de resistencia del concreto pues un cemento con partículas que tiene partículas con un área específica mayor (alta finura) tiende a tener un desarrollo rápido de resistencia y endurece con mayor velocidad. Para medir la finura del cemento se hace mediante el tamizado y se expresa con relación al área superficial de las partículas que se pueden contener en un gramo de material; llamado “superficie específica” en cm^2/g .

Consistencia normal

Esta propiedad del cemento es la que indica el grado fluidez o la manejabilidad de la pasta de cemento; por lo general se determina utilizando el aparato de Vicat. Para cada cemento hay requerimientos de aguas diferentes y estos dependen si son o no adicionados; los cuales estos últimos requieren menor agua que los otros. Existe una cierta cantidad de agua que debe agregarse para cierta fluidez, y esta es la que se denomina consistencia normal; por lo tanto, se emplea la relación agua-cemento para una mejor trabajabilidad de la mezcla.

Tiempos de fraguado

El término se utiliza para referirse a la dureza de una masa, es decir, su cambio de estado fresco a estado duro; El fraguado inicial es cuando ha transcurrido un tiempo desde que el cemento se mezcla con agua para formar una mezcla plástica que pierde fluidez hasta que la mezcla deja de ser viscosa y la temperatura aumenta; indica que el cemento está parcialmente hidratado.

Diseño de Mezcla

El proporcionamiento de mezclas de concreto, más comúnmente llamado diseño de mezclas es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí: requiere de la selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua, aire y aditivos) y la determinación de sus cantidades relativas para producir un, tan económico como sea posible, un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada. (Fig. 1)

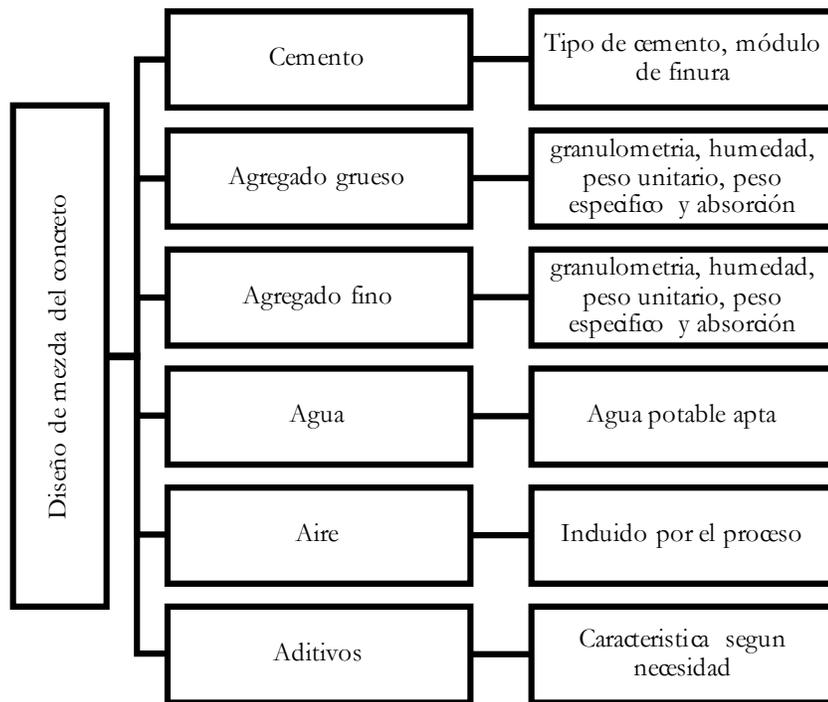


Fig. 1. Materiales para el concreto y sus ensayos necesarios para el diseño de mezcla

A.El agregado grueso

El segundo componente del concreto es el agregado grueso es el material que se encuentra retenido en el tamiz 4.75mm(N°4), y proviene de la desintegración mecánica o natural de rocas, los cuales aportan la resistencia al concreto.

Este se considera como la materia prima para hacer concreto, por lo que debe ser limpio, fuerte y duradero para no afectar la calidad y resistencia del concreto.

Características:

Debe ser de piedra limpia, preferiblemente de forma angular o semiangular, dura, compactada, resistente y preferiblemente de textura gruesa.

No debe haber piedras planas o estiradas ya que reducen la resistencia del hormigón.

La piedra estará libre de suciedad, polvo, tino, humo, escamas, materia orgánica, sal y otras sustancias. Si se requiere un lavado a la piedra, deberá realizarse con agua limpia sin material orgánico, sales o sólidos en suspensión.

Debe tener buena gradación con tamaños intermedios para evitar problemas de segregación.

Su resistencia a compresión del agregado grueso debe ser superior a los 600 kg/cm².

Su tamaño máximo estará en el rango de 1/5 de la menor dimensión de encofrados o 1/3 de la altura de las losas aligeradas o 3/4 del espacio libre mínimo del acero que se utiliza con refuerzo.

Ensayo granulométrico

El ensayo de granulometría es el análisis del tamaño del agregado. En este análisis se determina la distribución de sus partículas, utilizándose una muestra seca mediante una serie de tamices de abertura cuadrada (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados del ensayo de tamizado

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Parcial retenido	% Acumulado	
				retenido	pasando
1"	25,40	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,00	1078,00	20,69	20,69	79,31
1/2"	12,5	2500,00	47,98	68,68	31,32
3/8"	9,50	1019,00	19,56	88,23	11,77
N° 4	4,75	603,00	11,57	99,81	0,19
PLATILLO		10,00	0,19	100,00	0,00
	TOTAL =	5210,00			
	Módulo de finura =	7,77			

Esta tabla muestra los resultados del ensayo granulométrico por tamizado obteniendo para el agregado grueso un módulo de finura de 7,77

Siguiendo el tamaño de los tamices y la granulometría del agregado grueso (Tabla 5), se encuentran los límites expuestos a continuación:

Tabla 5. Límites de tamaño del agregado grueso

Tamiz	Abertura	L.S.	L.I.	% Pasando
1 1/2"	37,5	100,00	100,00	100,00
1"	25,00	100,00	95,00	100,00
1/2"	12,5	60,00	25,00	31,32
N° 4	4,75	10,00	0,00	0,19
N° 8	2,36	5,00	0,00	0,00

Una vez obtenidos los límites se procede a realizar la curva granulométrica, la cual debe de encontrarse dentro de los límites establecidos en la norma (Figura 1).

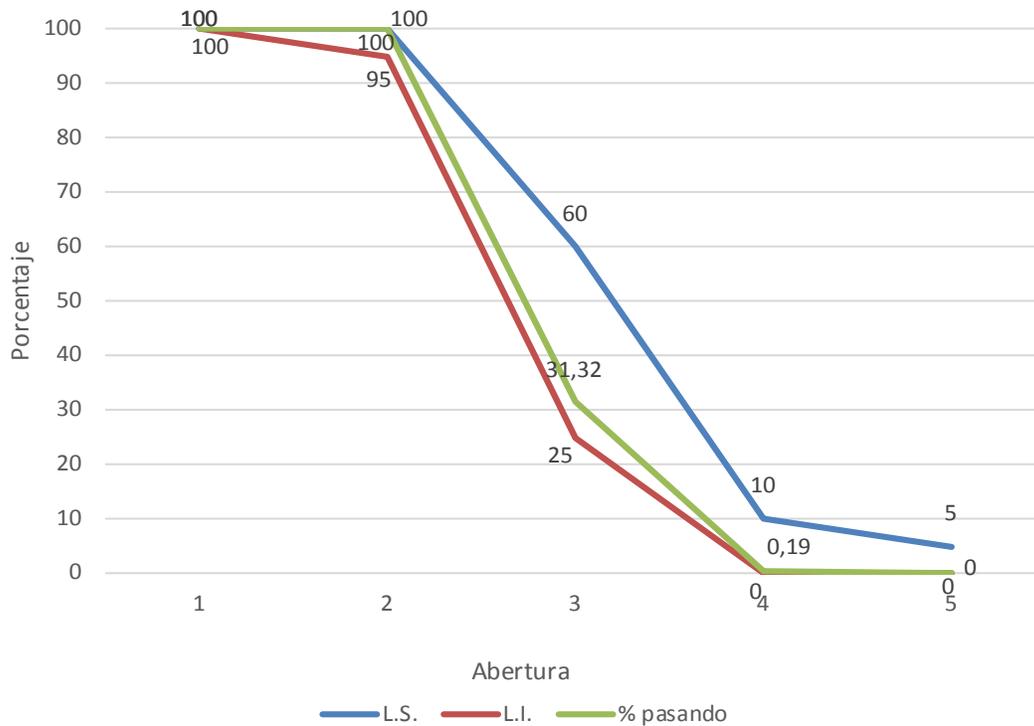


Fig. 1. Curva Granulométrica del agregado grueso

Como se puede observar en la tabla y en la figura los datos ensayados en laboratorios se encuentran dentro de los límites máximos permitidos del agregado, siendo este material apto para ser utilizado como agregado grueso.

Ensayo de humedad:

La humedad se define como la cantidad de agua en exceso en estado saturado y con superficie seca, expresada en porcentaje (%). La tabla 6 recoge los resultados de los ensayos de humedad.

Tabla 6. Resultado de ensayo de humedad

Muestra N°	1	2	2	Promedio
Masa del recipiente (g)	228,00	439,00	124,00	
Masa de la muestra (g)	2256,00	3535,00	2815,00	
Masa de la muestra secada al horno (g)	2251,00	3528,00	2809,00	
Humedad %	0,22	0,20	0,21	

Esta tabla muestra los resultados del ensayo de humedad de 0,21 %, el cual es necesario para corregir la cantidad de agua que se utiliza para el concreto, esto es debido que el ambiente natural presenta agua dentro del aire.

Ensayo de peso unitario

Peso unitario suelto:

Se ha realizado un ensayo del agregado grueso suelto y los resultados se muestra a continuación en la tabla 7:

Tabla 7. Resultado de peso unitario suelto

Peso unitario suelto	M1	M2	M3	Promedio
Peso del recipiente (Kg)	4,65	4,65	4,65	
Peso de recipiente + piedra(Kg)	18,65	18,95	18,70	
Peso de la piedra(Kg)	14,00	14,30	14,05	
Volumen del recipiente (m ³)	0.009476 2	0,0094762	0,0094762	
P.U.S. (Kg/m ³)	1477,39	1509,04	1482,66	1489,70

Esta tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario suelto de 1489,70 dato importante en el diseño de mezcla.

Peso unitario compactado: Se realizó el ensayo compactando del agregado grueso y los resultados fueron los de la tabla 8:

Tabla 8. Resultado de peso unitario compactado

Peso unitario compactado	M1	M2	M3	Promedio
Peso del recipiente (kg)	4,65	4,65	4,65	
Peso de recipiente + piedra(kg)	19,65	20,25	19,85	
Peso de la piedra(kg)	15	15,6	15,2	
Volumen del recipiente (m ³)	0,0094762	0,0094762	0,0094762	
P.U.C. (kg/m ³)	1582,91	1646,23	1604,02	1611,05

Esta tabla muestra los resultados del ensayo de peso compactado suelto de 1611,05 dato importante en el diseño de mezcla.

Peso específico y absorción de agregado

La tabla 9 muestra los resultados del ensayo realizado, este busca determinar el peso específico seco y saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso.

Tabla 9. Resultado de peso específico y absorción del agregado

Peso tara (g)	108,00
Peso tara + agregado grueso seco (g)	2527,0
	0
Peso tara + grueso saturado + agua (g)	2541,0
	0
Peso de la canastilla (g)	1036,5
	0
Peso canastilla + agregado en agua (g)	2443,5
	0
Peso específico (g/cm ³)	2,36
Absorción (%)	0,579

Esta tabla muestra los resultados del ensayo del peso específico de 2.36 y del porcentaje de absorción de 0,5679 % necesario para calcular la cantidad de agua del concreto

B. El agregado fino

El tercer componente del concreto es el agregado fino es formado como material por descomposición natural o artificial de la roca, que atraviesa por un tamiz de 9.5 mm (3/8") y finaliza con los límites ya fijados en la NTP 400.037 o ASTM C 33. Los agregados pueden caer en 3/4 del volumen de una mezcla de concreto adecuada.

Los agregados finos pueden incluir arena natural o arena manufacturada, o una combinación de ambas. Sus propias partículas; la mejor configuración es angular, dura, compacta y resistente, libre de polvo dañino, terrones, escamas o partículas blandas, esquisto, esquisto, álcali, materia orgánica, sal u otras sustancias dañinas para el concreto.

Características:

Los agregados se consideran limpios y libres de exceso de arcilla, limo, mica, materia orgánica, sales químicas y partículas de revestimiento. El agregado es un buen material si su integridad se puede mantener variando la temperatura o la humedad.

Ensayo de granulometría:

El tamaño de grano escogido es recomendable que sea uniforme o continuo, con cantidades retenidas en las mallas N° 4 a N° 100 de la serie Tyler (Tabla 10).

Tabla 10. Resultados del ensayo de tamizado

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Parcial retenido	% Acumulado	
				retenido	pasando
3/8"	9,5	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 4	4,75	21,00	2,14	2,14	97,86
N° 8	2,36	126,00	12,83	14,97	85,03
N° 16	1,18	244,88	24,94	39,91	60,09
N° 30	0,6	234,00	23,83	63,74	36,26
N° 50	0,3	169,00	17,21	80,95	19,05
N° 100	0,15	92,00	9,37	90,32	9,68
N° 200	0,075	57,00	5,81	96,13	3,87
PLATILLO		38,00	3,87	100,00	0,00
	TOTAL =	981,88			
	Módulo de finura =	2,92			

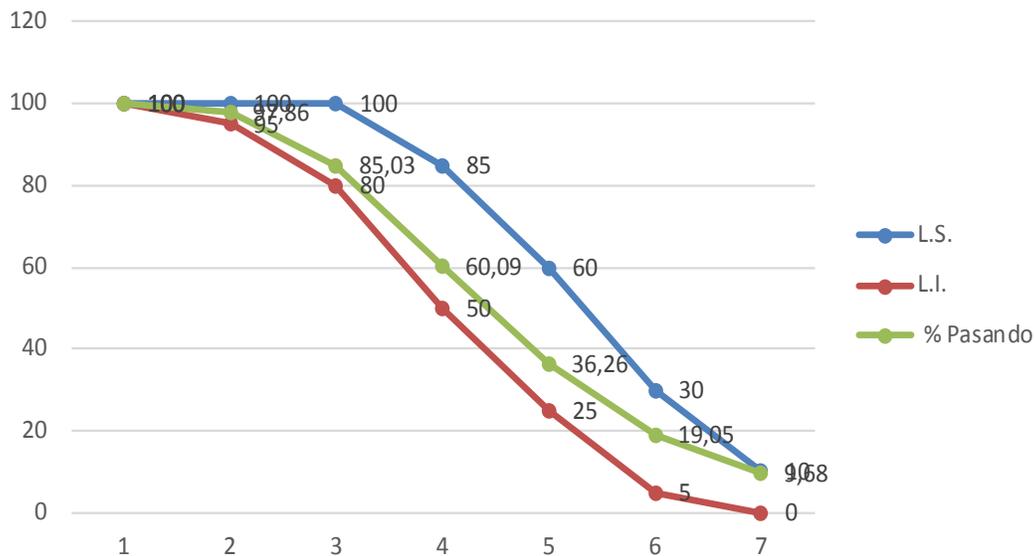
Esta tabla muestra los resultados del ensayo granulométrico por tamizado obteniendo para el agregado fino un módulo de finura de 2,92

En la tabla 11 se exponen los límites del agregado fino, considerando el tamiz y la abertura.

Tabla 11. Límites de tamaño del agregado fino

Tamiz	Abertura	L.S.	L.I.	% Pasando
3/8"	9,5	100,00	100,00	100,00
N° 4	4,75	100,00	95,00	97,86
N° 8	2,36	100,00	80,00	85,03
N° 16	1,18	85,00	50,00	60,09
N° 30	0,60	60,00	25,00	36,26
N° 50	0,30	30,00	5,00	19,05
N° 100	0,15	10,00	0,00	9,68

En la figura 2 se muestra la curva granulométrica del agregado fino, obsérvese el progreso gráfico de los límites inferior y superior.

**Fig. 2. Curva granulométrica del agregado fino**

Como se puede observar en la tabla y en la figura los datos ensayados en laboratorios se encuentran dentro de los límites máximos permitidos del agregado, siendo este material apto para ser utilizado como agregado fino.

Ensayo de humedad

La humedad del suelo es un valor que determina la cantidad de agua en una determinada cantidad de suelo conocida; se puede expresar como un porcentaje (Tabla 12).

Tabla 12. Resultado de ensayo de humedad

Muestra N°	1	2	Promedio
Masa del recipiente (g)	107,00	231,00	
Masa de la muestra (g)	1000,00	1185,00	
Masa de la muestra secada al horno (g)	986,88	1169,00	
Humedad %	1,33	1,37	1,35

Esta tabla muestra los resultados del ensayo de humedad de 1,35 %, el cual es necesario para corregir la cantidad de agua que se utiliza para el concreto, esto es debido que el ambiente natural presenta agua dentro del aire.

Ensayo de peso unitario

Peso unitario suelto

El árido seco se coloca cuidadosamente en un recipiente de un diámetro y profundidad determinados, dependiendo del tamaño máximo del árido, hasta que rebose, que luego se nivela presionando contra él con una varilla (Tabla 13).

Tabla 13. Resultado de peso unitario suelto

Peso unitario suelto	M1	M2	M3	Promedio
Peso del recipiente (kg)	1,60	1,60	1,60	
Peso de recipiente + arena (kg)	5,75	5,70	5,80	
Peso de la arena (kg)	4,15	4,10	4,20	
Volumen del recipiente (m ³)	0,00286812	0,00286812	0,00286812	
P.U.S. (kg/m ³)	1446,94	1429,51	1464,37	1446,94

Esta tabla muestra los resultados del ensayo de peso unitario suelto de 1446,94 dato importante en el diseño de mezcla.

Peso unitario compactado

El cilindro (recipiente) se llena en tres etapas, cada una de las cuales perturba cada tercio del volumen 25 veces utilizando un carrete de punta redonda de 5/8" de diámetro y elimina cualquier protuberancia (Tabla 14).

Tabla 14. Resultado de peso unitario compactado

Peso unitario compactado	M1	M2	M3	Promedio
Peso del recipiente (kg)	1,60	1,60	1,60	
Peso de recipiente + arena (kg)	6,40	6,45	6,30	
Peso de la arena (kg)	4,80	4,85	4,70	
Volumen del recipiente (m ³)	0,00286812	0,00286812	0,00286812	
P.U.S. (kg/m ³)	1673,57	1691,00	1638,70	1667,76

Esta tabla muestra los resultados del ensayo de peso compactado suelto de 1667,76 dato importante en el diseño de mezcla.

Peso específico y absorción de agregado

La absorción se puede explicar cómo el contenido de agua que es absorbido por los agregados sumergidos por un periodo de 24 horas. Se refleja en porcentaje en peso de materia seca que puede absorber, por lo que la saturación es de en apariencia seca. (Tabla 15)

Tabla 15. Resultado de absorción del agregado

Peso suelo seco + peso tara (g)	728,21
Peso tara (g)	231,16
Peso suelo seco (g)	497,05
Peso suelo saturado superficialmente (g)	500,00
Absorción (%)	0.59%

Esta tabla muestra los resultados del porcentaje de absorción de 0,59 % necesario para calcular la cantidad de agua del concreto

La tabla 16 muestra los resultados tomados del peso específico

Tabla 16. Resultado de peso específico

Peso fiola + peso agregado fino saturado superficial + peso agua (g)	957,20
Peso agregado fino saturado superficialmente (g)	500,00
Peso de la fiola (g)	143,83
Peso del agua (g)	313,37
Peso específico (g/cm ³)	2,66

Esta tabla muestra los resultados del porcentaje del peso específico necesario para el diseño de mezcla.

C.El agua

El cuarto componente del concreto es el agua de concreto realiza un par de labores de gran importancia o valiosas, acceder la humectación del cemento y formar el concreto manipulable. De la máxima agua que se utiliza para la elaboración de un concreto o un mortero, una porción humedece al cemento, lo demás no manifiesta cualquier tipo de variación y con el paso se vaporiza; de la manera que disponía un sitio adentro del concreto, al vaporizarse permite espacios a la cual reducen la solidez y la duración de la mezcla o del concreto.

El agua presente en la mezcla de hormigón reacciona químicamente con el material aglutinante para formar un gel.

Características del agua para el concreto

El agua utilizada en la preparación y curado del hormigón debe cumplir con los requisitos de la NTP 399.088 y preferentemente ser potable. Tiene las siguientes características:

- Cloruros máx. 1000 ppm
- Sulfatos máx. 600 ppm
- Carbonatos máx. 1000 ppm
- Fierro máx. 1 ppm
- PH entre 5.5 y 8.0
- Residuo insoluble máx. 5000 ppm
- Materia orgánica máx. 3 ppm

La tabla 17 muestra una comparación importante para el estudio, ya que se ha considerado la Norma Técnica peruana para su evaluación.

Tabla 17. Comparación de agua de río y norma técnica peruana

Parámetros	Unidad	Agua de río	NTP 339.088
Cloruro (Cl)	ppm	89,81	100,00
Sulfatos (SO ₄)	ppm	218,88	600,00
PH	-	7,36	5,50 – 8,00
Sólidos en suspensión	ppm	17,80	5000,00
Materia orgánica	ppm	0,68	3,00
Alcalinidad	ppm	78,36	1000,00
Sales de Magnesio (Mg ⁺⁺)	ppm	63,96	150,00
Sales solubles totales		128,45	1500,00

Fuente: Tesis de investigación Valera

Según la tabla mostrada muestra que el agua de río es apta para ser usada en el concreto, observándose que los datos obtenidos son inferiores a los límites establecidos por la norma.

Funciones del agua:

En estado fresco debe permitir que se manipule y ser colocado adecuadamente.

En estado fraguado obtener un material con propiedades y características deseadas.

Aguas permisibles para el concreto:

Las agua que no son potables y que pueden utilizarse para la elaboración del concreto son las siguientes:

Agua de ciénaga o Pantano.

Agua de arroyo o lago

Agua que posea concentración máx. 0.1% de SO₄

Aguas alcalinas con máx. 0.15% de cloruros o sulfatos.

Aguas prohibidas:

Aguas con residuo industrial

Aguas de minas o relaves

Aguas carbonatadas

Aguas Acidas
Aguas calcáreas
Aguas con cloruro de sodio mayor del 3% o sulfato mayor de 1%
Aguas con azúcares
Aguas con material orgánico, humus, desagües

D.El aire

El quinto componente del concreto es el agua que tiene importancia a la hora de diseñar el hormigón hidráulico. Se tiene en cuenta el porcentaje de aire en la mezcla, ya que existen pequeñas burbujas de aire que quedan sumergidas en la mezcla, dependiendo del procedimiento de vibración aplicado en el momento de la deposición del hormigón, así como de la presencia de aditivos que aumentan o disminuyen el volumen de aire. El contenido de aire en el concreto es un factor que permite la expansión y compresión de la estructura, en lugares de cambios extremos de temperatura, para evitar el agrietamiento. Por otro lado, es importante tener en cuenta que la porosidad del hormigón puede verse afectada si contiene un alto porcentaje de aire, dañando los hierros del hormigón armado o provocando filtraciones de agua a otros puntos.

E.Los aditivos

El sexto componente del concreto son los aditivos que se definen como aquellas sustancias inorgánicas u orgánicas, que elaboran un cambio requerido en el concreto. Se hallan vigentes en una relación no mayor al 5% del peso del cemento.

Características de los aditivos:

- Son componentes distintos al cemento, al agua y a los agregados.
- Se aumentan en mínimas proporciones a la mezcla antes o mientras el mezclado.
- Interaccionando con el procedimiento hidratante-cementante
- Varían varios de las características del concreto o mortero fresco, fraguando, endureciéndose y endurecido.

Razones de empleo:

1.En el concreto fresco:

- Aumentar la trabajabilidad sin adicionar agua.
- Reducir su cantidad de agua sin modificar su trabajabilidad.
- Disminuir asentamientos
- Añadir una expansión ligera.
- Cambiar la velocidad y/o el volumen de exudación.
- Reducir la segregación.
- Ayudar en el proceso de bombeo.
- Disminuir su velocidad de pérdida de asentamiento.

2.En el concreto endurecido:

- Reducir su calor de hidratación.
- Desarrollo inicial de resistencia.
- Aumentar su resistencia
- Aumentar su durabilidad
- Reducir la permeabilidad de los líquidos.
- Reducir sus flujos capilares del agua.
- Aumentar su adherencia concreto-acero de refuerzo.
- Aumentar su resistencia a la abrasión e impacto

3. Ejemplos de aditivos

- Aditivos incorporadores de aire
- Aditivos de control de la hidratación
- Plastificantes
- Aditivos aceleradores de fragua
- Reductores de contracción
- Aditivos retardantes
- Aditivos acelerantes
- Inhibidores de corrosión
- Aditivos adicionantes de color
- Inhibidores de reacción álcali-agregado

III. Actividad de reforzamiento para estudiantes

A continuación, se encuentran unas actividades para que el estudiante pueda reforzar los conocimientos adquiridos en este capítulo. El estudiante deberá responder a las preguntas tratando de recordar el contenido leído.

- 1.- ¿Por qué es importante la resistencia del concreto en una obra?
- 2.- ¿Cuáles son las principales diferencias de los cementos existentes en el Perú?
- 3.- ¿Qué permite obtener la granulometría del agregado?
- 4.- ¿En la ciudad de Huaraz qué tipo de cemento utilizarías?
- 5.- ¿En qué casos utilizarías el cemento tipo V?
- 6.- Desarrollar el siguiente ensayo granulométrico, determinar los límites superior e inferior del agregado fino.

Tamiz	Peso retenido (g)
3/8"	0,00
N° 4	24,60
N° 8	142,00
N° 16	167,80
N° 30	210,80
N° 50	140,80
N° 100	70,20
N° 200	26,12
PLATILLO	12,00

- 7.- Desarrollar el siguiente ensayo granulométrico, determinar los límites superior e inferior del agregado grueso

Tamiz	Peso retenido (g)
1"	0,00
3/4"	980,00
1/2"	700,00
3/8"	540,00
N° 4	403,00
PLATILLO	20,00

REFERENCIAS

- [1]A. Garófalo, “Evaluación físico-química de los cementos a partir de la correlación de sus propiedades asociadas con la producción de hormigón”, escuela superior politécnica del Litoral, Ecuador, 2015.
- [2]AFCP, “La industria del cemento y la sostenibilidad”, Argentina, 2014
- [3]ASTM, “Especificación normalizada para cemento Portland C 150-07”, Estados unidos, 2007
- [4]E. Riva, “Materiales para el concreto”, Ed. ICG, 3era edición, Lima, 2000
- [5]Indecopi, “Norma Técnica Peruana NTP 334.001”, Lima, Perú ,2001
- [6]P. Aching y W. Del Castillo, “Influencia del plastificante reductor de agua sika-cem en el concreto cemento-arena-Iquitos ,2018”, tesis, Universidad científica del Perú, Loreto, Peru, 2018
- [7]P. Valera, “Influencia de las propiedades físico –químicas del agua del río Shilcayo en la resistencia del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, Tarapoto-2018”, tesis, Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto, Perú
- [8]R. Salamanca, “Aplicación del cemento portland y los cementos adicionados”, ciencia e ingeniería Neogranadina, no. 10, pp. 33-38, 2001
- [9]S. Laura, “Diseño de mezclas de concreto”, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú, 2006