



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño de mezcla de concreto de alta resistencia $f'c=600$ kg/cm², para edificaciones de gran altura

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Callupe Carbajal, Erik Jhonatan (ORCID: 0000-0002-9353-7725)

ASESOR:

Mag. Ing. Villegas Martinez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico Estructural

LIMA – PERÚ

2018

El presente proyecto de investigación en primer lugar brinda un real agradecimiento a Dios nuestro señor y creador. En segundo lugar agradezco a mi familia en general, en tercer lugar doy un especial y sincero agradecimiento al técnico de laboratorios de ingeniería civil de la Universidad Cesar Vallejo, Julio Díaz, quien con su apoyo y guía no hubiera sido posible este trabajo. Gracias sinceramente a todos ustedes.

AGRADECIMIENTO

A mis colegas, compañeros de trabajo, amigos, y familiares por guiarme en el buen camino del aprendizaje, responsabilidad, y firmeza, ya que así pude culminar con éxito mi carrera profesional a fin de contribuir con el desarrollo de nuestro país.

Agradecer individualmente a cada persona que fue parte de mi vida este último año. Es muy complejo, y podría caer en el error de no recordar alguno. Por lo cual déjenme agradecer a cada persona que me conoció desde el primer día de mi estadía en la universidad, y espero haberle podido sacar una sonrisa al leer este texto sabiendo que fue de alguna manera importante en mi formación y educación.

Es por eso que principalmente agradeceré a Dios por darme la circunstancia de elegir una carrera tan bonita, también agradecerle el destino y senderos que tuve que atravesar para obtener una oportunidad de estudiar.

Mención especial de agradecimiento para la Universidad Cesar Vallejo y su fundador Dr. Cesar Acuña Peralta, que me brindaron sin saberlo, la oportunidad de trabajar allí, y estudiar una carrera profesional a un costo promedio sosteniendo su apoyo social de apoyar a quienes menos oportunidades tienen, y a quienes de verdad queremos salir adelante.

ÍNDICE

Páginas del jurado	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaración de autenticidad.....	iv
Presentación.....	v
Índice	vi
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
I. Introducción.....	17
1.1. Realidad problemática.....	18
1.2. Trabajos previos	20
1.2.1. Antecedentes internacionales	20
1.2.2. Antecedentes nacionales.....	23
1.3. Teorías relacionadas al tema	26
1.3.1. El concreto.....	26
1.3.1.1. Concreto de alta resistencia “car”.....	26
1.3.1.2. Propiedades del car en estado fresco	27
1.3.1.3. Propiedades del car en estado endurecido.....	28
1.3.1.4. Agua para el concreto.....	30
1.3.1.5. Cemento	30
1.3.1.5.1. Tipos de cemento	31
1.3.1.6. Agregados del concreto.....	31
Tabla 1 : características de los agregados	33
1.3.1.7. Aditivos	34
1.3.1.8. Superplastificantes.....	34
1.3.1.9. Métodos de uso.....	35

1.3.1.10. Trabajabilidad del superplastificante.....	35
1.3.1.11. Perdida de asentamiento con superplastificantes	36
1.3.1.12. Reducción de agua de un superplastificante.....	36
1.3.1.13. Contenido de aire en los concretos con superplastificantes	36
1.3.1.14. Tiempo de fraguado en concretos con superplastificantes	36
1.3.1.15. Concreto alta resistencia.....	37
1.3.1.15.1. Historia del car	37
1.3.1.15.2. Aplicaciones	38
1.3.1.15.3. Ventajas del concreto de alta resistencia	39
1.3.1.15.4. Desventajas del concreto de alta resistencia.....	39
1.3.1.15.5. Diseño de mezclas del concreto	40
1.3.1.15.6. Consideraciones para diseñar un concreto de alta resitencia.....	42
1.3.1.15.7. Metodología del diseño	44
1.3.1.15.8. Aditivos a usar sikaplast ® - 700 pe.....	45
1.3.1.16. Propiedades físicas y mecánicas en el concreto	46
1.3.1.16.1. Resistencia a la compresión	46
1.3.1.16.2. Ensayo a la compresión.....	47
1.3.1.16.3. Asentamiento.....	48
1.3.1.17. Definiciones principales	50
1.3.1.18. Curado de concreto.....	50
1.4. Formulación del problema.....	51
1.4.1 Problema general.....	51
1.4.2 Formulación de problemas específicos	51
1.5. Justificación del estudio	51
1.6. Hipótesis.....	52
1.6.1. Hipótesis general	52
1.6.2. Hipótesis específicos	52
1.7. Objetivos	53
1.7.1. Objetivo general	53

1.7.2.	Objetivos específicos.....	53
Ii.	Método	54
2.1.	Metodo de investigación	55
2.1.1.	Tipo	55
2.1.2.	Nivel	56
2.1.3.	Diseño.....	56
2.2.	Variables, operacionalización	57
2.2.1.	Variables.....	57
2.2.2.	Operacionalización.....	58
2.3	población y muestra.....	59
2.3.1	población	59
2.3.2	muestra	59
2.4	técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez confiabilidad.....	60
2.4.1	técnicas	60
2.4.2	instrumentos de medición.....	62
2.4.3	validez	63
2.4.4	confiabilidad.....	63
2.5	métodos de análisis de datos	64
2.6	aspectos éticos	65
Iii.	Resultados	66
3.1.	Recolección y caracterización de agregados	67
3.1.1.	Caracterización de agregados	69
3.1.2.	Granulometría.....	69
3.2.1.1.	Granulometría agregado grueso	70
3.2.2	Determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y agregado fino	78
3.2.3	Determinación del contenido de humedad del agregado grueso y agregado fino	82
3.2.4	Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso y agregado fino	84
3.2	Cálculos de los diseños de mezclas	92

3.2.2	Cálculo del tamaño máximo nominal.....	93
3.2.3	Datos de aditivo.....	93
3.2.4	Cálculo de agua	94
3.2.5	Peso específico de cemento y agua	95
3.2.6	Cálculo de aire atrapado	95
3.2.7	Calculo de resistencia requerida.....	95
3.2.8	Relación de agua y cemento	96
3.2.9	Diseño patrón $r/a/c = 0.31$	98
3.2.9.1	Cantidad de cemento y aditivo $r/a/c = 0.31$	98
3.2.9.2	Diseño seco $r/a/c = 0.31$	99
3.2.9.3	Diseño en obra $r/a/c = 0.31$	101
3.2.10	Diseño modificado $r/a/c = 0.33$	105
3.2.10.1	Cantidad de cemento y aditivo $r/a/c = 0.33$	105
3.2.10.2	Diseño seco $r/a/c = 0.33$	106
3.2.10.3	Diseño en obra $r/a/c = 0.33$	108
3.2.11	Diseño modificado $r/a/c = 0.28$	113
3.2.11.1	Cantidad de cemento y aditivo $r/a/c = 0.28$	113
3.2.11.2	Diseño seco $r/a/c = 0.28$	114
3.3	Presentación de los diseños de mezclas.....	121
3.2.	Elaboración de los diseños de mezclas.....	123
3.3.	Ensayo de compresión de probetas.....	133
3.3.1	Resultados de los ensayos de compresión $r/a/c 0.33$	135
3.3.2	Resultados de los ensayos de compresión $r/a/c 0.31$	136
3.3.3	Resultados de los ensayos de compresión $r/a/c 0.28$	137
3.3.4	Resume de compresión de las tres dosificaciones	138
3.4.	Ensayo de módulo de elasticidad	140
3.4.1	Módulo elasticidad para diseño con relacion $a/c 0.33$ probeta a	141
3.4.2	Módulo elasticidad para diseño con relacion $a/c 0.33$ probeta b.....	142
3.4.3	Módulo elasticidad para diseño con relacion $a/c 0.31$ probeta a	143

3.4.4	Módulo elasticidad para diseño con relacion a/c 0.31 probeta b.....	144
3.4.5	Módulo elasticidad para diseño con relacion a/c 0.28 probeta a	145
3.4.6	Módulo elasticidad para diseño con relacion a/c 0.28 probeta b.....	146
3.4.4	Resumen de resultados para módulo elasticidad en las tres dosificaciones	147
Iv.	Discusión.....	148
V.	Conclusiones	151
VI.	Recomendaciones.....	154
	Referencias.....	157
	Anexos	146
	Anexo 1 – operacionalización de variables.....	147
	Anexo 2 - matriz de consistencia.....	149
	Anexo 3 – diseños de concretos.....	151
	Anexo 4 - validación de formatos y fichas de la documentación.....	155
	Anexo 5 – fichas técnicas de aditivo y cemento.....	165
	Anexo 6 – resultados de laboratorio.....	172
	Anexo 7 – resultados turnitin.....	184

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de los agregados.....	17
Tabla 2: Operacionalización.....	42
Tabla 3: Pronósticos de ensayos a compresión.....	44
Tabla 4: Pronostico de ensayos de módulos de elasticidad.....	44
Tabla 5: Proceso de trabajos.....	46
Tabla 6: Tabla granulométrica del agregado grueso.....	56
Tabla 7: Tabla granulométrica del agregado fino.....	60
Tabla 8: Resultados de caracterización de los agregados.....	75
Tabla 9: Asentamiento o Slump.....	76
Tabla 10: Agregado grueso de tamaño máximo sugerido	77
Tabla 11: Datos técnicos sikaplast 700 PE.....	78
Tabla 12: Cálculo de la cantidad de agua (kg/m ³) según TMN y slump del agregado grueso.....	78
Tabla 13: Peso específico de cemento y agua	79
Tabla 14: Aire atrapado en función del TMN sin aire incorporado	79
Tabla 15: Resistencia requerida en función de la resistencia especificada.....	80
Tabla 16: Relación a/c en función de f'c.....	80
Tabla 17: Relación a/c máxima recomendada, para concreto hechos con superplastificantes	81
Tabla 18: Peso diseño seco r a/c = 0.31.....	83
Tabla 19: Peso específico diseño seco r a/c = 0.31.....	84
Tabla 20: Volumen por m ³ para diseño seco r a/c = 0.31.....	84
Tabla 21: Volumen unitario suelto para diseño seco r a/c = 0.31.....	85
Tabla 22: Peso en obra para diseño de obra r a/c = 0.31.....	86
Tabla 23: Peso unitario en obra para diseño de obra r a/c = 0.31.....	87
Tabla 24: Peso unitario en obra para una bolsa de cemento en diseño de obra r a/c = 0.31.....	87
Tabla 25: Volumen por pie ³ de diseño de obra r a/c = 0.31.....	88
Tabla 26: Peso unitario en obra para una tanda de prueba r a/c = 0.31.....	89
Tabla 27: Peso diseño seco r a/c = 0.33.....	91
Tabla 28: Peso específico diseño seco r a/c = 0.33.....	91
Tabla 29: Volumen por m ³ para diseño seco r a/c = 0.33.....	92
Tabla 30: Volumen unitario suelto para diseño seco r a/c = 0.33.....	92

Tabla 31: Peso en obra para diseño de obra r a/c = 0.33.....	94
Tabla 32: Peso unitario en obra para diseño de obra r a/c = 0.33.....	94
Tabla 33: Peso unitario en obra para una bolsa de cemento, en diseño de obra r a/c = 0.33	95
Tabla 34: Volumen por pie ³ de diseño de obra r a/c = 0.33.....	96
Tabla 35: Peso unitario en obra para una tanda de prueba r a/c = 0.33.....	96
Tabla 36: Peso diseño seco r a/c = 0.28.....	98
Tabla 37: Peso específico diseño seco r a/c = 0.28.....	99
Tabla 38: Volumen por m ³ para diseño seco r a/c = 0.28.....	99
Tabla 39: Volumen unitario suelto para diseño seco r a/c = 0.28.....	100
Tabla 40: Peso en obra para diseño de obra r a/c = 0.28.....	101
Tabla 41: Peso unitario en obra para diseño de obra r a/c = 0.28.....	102
Tabla 42: Peso unitario en obra para una bolsa de cemento, en diseño de obra r a/c = 0.28	102
Tabla 43: Volumen por pie ³ de diseño de obra r a/c = 0.28.....	103
Tabla 44: Peso unitario en obra para una tanda de prueba r a/c = 0.28.....	104
Tabla 45: Aporte de materiales en los diseños de mezclas, para un metro cubico de concreto	105
Tabla 46: Coeficientes de aportes volumétricos en obra, de los diseños de concreto	105
Tabla 47: Volúmenes en pies cúbicos de los diseños de concreto.....	106
Tabla 48: Dosificaciones para mezclas de concreto	107
Tabla 49: Asentamientos para mezclas de concreto	113
Tabla 50: Contenido de aire	114
Tabla 51: Nomenclatura de probetas.....	116
Tabla 52: Rotura de probetas de dosificación - r a/c = 0.33.....	119
Tabla 53: Rotura de probetas de dosificación - r a/c = 0.31.....	120
Tabla 54: Rotura de probetas de dosificación - r a/c = 0.28.....	121
Tabla 55: Resumen de roturas de compresión	122
Tabla 56: Resumen de módulos de elasticidad.....	131
Tabla 57: Operacionalización de variables.....	148
Tabla 58: Matriz de consistencia.....	150

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Ensayo de compresión del concreto.....	32
Imagen 2: Cálculo del asentamiento (slump) por medio del cono de Abrams.....	33
Imagen 3: Vista google maps de la cantera trapiche.....	52
Imagen 4: Vista google maps de la cantera Intrain.....	52
Imagen 5: Recolección de muestra agregado grueso s de la cantera Intrain.....	53
Imagen 6: Cuarteo de materia.....	54
Imagen 7: Toma del peso de mi muestra y envío al horno.....	54
Imagen 8: Colocación de la muestra sobre los tamices y agitador mecánico.....	55
Imagen 9: Retención por tamices del agregado grueso para su pesaje.....	55
Imagen 10: Curva granulométrica agregado grueso.....	57
Imagen 11: Muestra de agregado fino y envío al horno.....	58
Imagen 12: Tamizado del agregado fino en tamices sobre agitador mecánico.....	59
Imagen 13: Retención de agregado fino por tamices para su pesaje.....	59
Imagen 14: Curva granulométrica del agregado fino.....	61
Imagen 15: Peso de moldes de las granulometrías.....	62
Imagen 16: Peso de molde más agregado suelto.....	63
Imagen 17: Peso molde más material compactado.....	65
Imagen 18: Muestras de agregado grueso y fino para ensayo de humedad.....	67
Imagen 19: Colocación de muestras el horno a $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.....	67
Imagen 20: Pesos sss y sumergido del agregado grueso.....	69
Imagen 21: Agregado fino sumergido y secado al ambiente, luego de estar sumergido 24 horas.....	71
Imagen 22: Compactado y demostración que el material fino, se encuentra saturado superficialmente seco (sss)	72
Imagen 23: Pesaje: matraz, y peso agregado sss + agregado fino.....	72
Imagen 24: Pesaje: matraz / matraz + agua + agregado fino.....	73
Imagen 25: Vaciado de agregado fino y colocación al horno.....	74
Imagen 26: Dosificación - r a/c = 0.31.....	108
Imagen 27: Materiales y equipos para dosificación - r a/c = 0.31.....	108
Imagen 28: Dosificación - r a/c = 0.33.....	109
Imagen 29: Materiales y equipos para dosificación - r a/c = 0.33.....	109
Imagen 30: Dosificación - r a/c = 0.28.....	110
Imagen 31: Materiales y equipos para dosificación - r a/c = 0.33.....	110

Imagen 32: Mezcla para dosificación - r a/c = 0.31.....	111
Imagen 33: Mezcla para dosificación - r a/c = 0.33.....	111
Imagen 34: Mezcla para dosificación - r a/c = 0.28.....	112
Imagen 35: Proceso de slump	112
Imagen 36: Medidas de slump	113
Imagen 37: Proceso de contenido de aire.....	114
Imagen 38: Medidas de contenido de aire.....	114
Imagen 39: Proceso y culminado de probetas.....	115
Imagen 40: Curado de probetas.....	116
Imagen 41: Preparación de probetas.....	117
Imagen 42: Rotura de probetas	118
Imagen 43: Resultados de rotura de probetas	118
Imagen 44: Compresión versus días de rotura de probetas r a/c = 0.33.....	119
Imagen 45: Compresión versus días de rotura de probetas r a/c = 0.31.....	120
Imagen 46: Compresión versus días de rotura de probetas r a/c = 0.28.....	121
Imagen 47: Resultados de rotura de probetas.....	122
Imagen 48: Compresión de rotura de probetas en las tres dosificaciones, para 28 días de curado.....	123
Imagen 49: Resumen de porcentajes de rotura de probetas en las tres dosificaciones, para 28 días de curado.....	123
Imagen 50: Módulo elasticidad para diseño con relación a/c 0.33 a, norma astm c-469.....	125
Imagen 51: Módulo elasticidad para diseño con relación a/c 0.33 b, norma astm c-469.....	126
Imagen 52: Módulo elasticidad para diseño con relación a/c 0.31 a, norma astm c-469.....	127
Imagen 53: Módulo elasticidad para diseño con relación a/c 0.31 b, norma astm c-469.....	128
Imagen 54: Módulo elasticidad para diseño con relación a/c 0.28 a, norma astm c-469.....	129
Imagen 55: Módulo elasticidad para diseño con relación a/c 0.28 b, norma astm c-469.....	130
Imagen 56: Módulo de elasticidad de probetas en las tres dosificaciones, para 28 días de curado.....	131

RESUMEN

En este trabajo pretendo dar a conocer un diseño de concreto que sea fácil de elaborar, y conseguir no solo las resistencias anheladas, sino que también sea sencillo de elaborar en cualquier lugar del país. Sé muy bien que con los avances de la tecnología, exigencias que tenemos hoy en día, los conceptos actuales de Calidad, Economía, Rapidez y Seguridad en el trabajo, me exige pensar en que la solución que dé, necesariamente también tiene que cumplir también con esos estándares.

Las tecnologías y estudios que envuelve al concreto actualmente no puede desentonar a esta dinámica, razón por la cual creo muy oportuno presentar esta tesis de investigación experimental, ya que su principal objetivo será dar conocimientos y pautas necesarias para obtener concreto de alta resistencia. Ya dentro de esta investigación obtendremos investigaciones en cuanto al comportamiento de mi concreto. Así mismo dentro se podrá encontrar deducciones de trabajos realizados en el extranjero y nacionales, acerca del tema o trabajos parecidos.

El concreto de alto rendimiento se le conoce con las siglas CAR, en inglés HPC high performance concrete. Actualmente la inversión extranjera en nuestro país está generando movimientos económicos, que apertura no solo mayor competencia para las constructoras de nuestro país, sino que también abre posibilidades interesantes para este tipo de investigaciones, ya que las ventajas que ofrece este tipo de concreto promueven en demasía la aplicación y desarrollo sustentable de estos tipos de productos.

En el presente trabajo pretendo elegir el aditivo Superplastificante Sikaplast 700 PE, ya que debido a los antecedentes que estudié en cuanto a concreto de alta resistencia, este producto u otros superplastificantes son necesarios y obligatorios. Por lo cual todo concreto de alta resistencia tiene que ser acompañado de un superplastificante para mejorar la trabajabilidad o colocación.

Palabras clave: superplastificante, trabajabilidad, concreto, resistencia, compresión.

ABSTRACT

In this paper I intend to make known a concrete design that is easy to elaborate, and to achieve not only the longed for resistances, but also to be easy to elaborate anywhere in the country. I know very well that with the advances in technology, demands that we have today, the current concepts of Quality, Economy, Speed and Safety at work, requires me to think that the solution that I give, necessarily also has to comply with those standards.

The technologies and studies that surrounds concrete can not be out of tune with this dynamic, which is why I think it is very appropriate to present this thesis of experimental research, since its main objective will be to provide knowledge and guidelines necessary to obtain high strength concrete. Already within this investigation we will obtain investigations regarding the behavior of my concrete. Also inside you can find deductions from work done abroad and national, about the issue or similar jobs.

High performance concrete is known by the acronym CAR, in English HPC high performance concrete. Currently foreign investment in our country is generating economic movements, opening not only greater competition for construction companies in our country, but also opens up interesting possibilities for this type of research, since the advantages offered by this type of concrete promote too much the application and sustainable development of these types of products.

In the present work I intend to choose the Superplasticizer additive Sikaplast 700 PE, because due to the background I studied in terms of high strength concrete, this product or other superplasticizers are necessary and mandatory. Therefore, all high strength concrete must be accompanied by a superplasticizer to improve workability or placement.

Keywords: superplasticizer, workability, concrete, resistance, compression.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El concreto en este presente tiempo lo entendemos como una composición material tan usada, que prácticamente es el mayor recurso mundial de la construcción, también se sabe que viene a ser el material que más se ha usado en este sector a lo largo del tiempo. Del mismo modo conocemos que este material ha ido experimentado cambios, a favor casi siempre, en mejoría de su resistencia a la tracción, compresión, flexión, peso específico, durabilidad, trabajabilidad entre otros.

Se conoce que en la realidad del sector de construcción de nuestro país, pues no es muy conocido hablar de concreto de alta resistencia a menos que se trate temas de puentes, edificios de gran altura, o rara vez por ahí algún proyecto en especial que nos motive a investigar. Mi labor como estudiante mediante esta investigación, es que terminemos con ese problema de desconocimiento, y que mejor hacerlo, dando a conocer un diseño de concreto de alta resistencia fácil y rápida de elaborar en cualquier lugar del país. Con respecto a la elaboración de edificios de gran altura, normalmente se trabaja con distintas resistencias a la compresión del concreto, y varía normalmente de acuerdo al número de piso de la edificación. Es por ello que en una construcción de este tipo llegamos a tener diferentes tipos de diseños, y si lo pretendemos llamar de alta resistencia tiene que superar los 420 kg/cm².

Un problema recurrente en obra es que muchas veces se necesita tener estructuras con resistencias determinadas en un día indicado o conocido, muchas de aquellas veces los retrasos en obra nos juegan una mala pasada, ocasionando el casi no poder cumplir con el registro si utilizamos el concreto con resistencia que se acuerda en papel, en ese caso es donde también se puede utilizar el concreto de alta resistencia, ya que por tener un mayor rango hace que a los pocos días pueda alcanzar una resistencia que quizás con un concreto normal pueda llegar todavía en los 14 o 28 días, con un concreto de altas resistencias se puede llegar a obtener en menor cantidad de días, y por ello podemos liberar zonas de trabajo antes de lo previsto o como en este caso comentado, liberarlo en la fecha indicada, aun teniendo retrasos de obra.

Otro problema que he ido captando es que poder utilizar este CAR puede beneficiarnos en el desencofrado de luces o losas antes de tiempo, ya que con un concreto normal tendríamos

que esperar un tiempo más alargado para poder retirar puntales o encofrados, esta utilización a la vez también me permite liberar zonas como en caso de techos y poder seguir construyendo antes de tiempo, ya que un concreto de alto rendimiento alcanza rangos más altos en menor tiempo, y con ello se puede ganar rapidez o producción.

Por otra parte también es necesario comentar que si evaluamos el tema de precios es un margen muy pequeño la diferencia de invertir en un concreto de alto rendimiento comparado con usar un concreto normal, ya que los beneficios que se obtiene son mejores y van directamente convertidos en dinero para nuestros bolsillos. Otro problema que he notado es que muchas veces al construir con un concreto normal tendemos a aumentar las secciones transversales de los elementos, o llamémoslo también engrosarlos para alcanzar mejores resistencias, esto se puede disminuir con un concreto más resistente, ganando esbeltez y menor peso. Al disminuir peso también puedo reducir las cimentaciones. Ya debieron de haber notado que con todos los problemas que aqueja el uso de un concreto normal, pues los beneficios que podríamos obtener con un concreto de alta resistencia, son muy fructíferos, ya que también en general podemos aumentar la vida útil de la estructura de un edificio. Si incrementamos las resistencias de una estructura, la principal característica mencionada nos da una mayor capacidad y por lo tanto un mejor resultado frente a la resistencia de ataques agresivos de agentes externos químicos o biológicos debido a sus resistencias.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

El presente trabajo cuenta con cinco antecedentes internacionales:

1. (MORATAYA CÓRDOVA, 2005), presenta una tesis con el nombre **“CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (EXPERIMENTACIÓN EN (GUATEMALA)”**, ante la **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, ésta investigación tiene como **objetivo “evaluar concretos de alta resistencia utilizando cemento, agregados y aditivos locales en Guatemala”**, en el mismo sentido pretende informar todo lo relacionado a concretos de alta resistencia, también busca especificar reglamentaciones que mandan para estos tipos de concreto, pretende también hacer mezclas con diferentes proporciones para luego realizar un estudio comparativo, analizar los estudios en compresión, y evaluar los mejores resultados. Sus conclusiones son que la mayor resistencia alcanzada por los ensayos pasa los 630kg/cm^2 a 28 días para concretos que se utilizaron 12.5 bolsas de cemento con micro sílice, aditivos reductores de agua y plastificantes. También concluye que la resistencia originaria son intensamente altos y consiente desencofrados muchos más rápidos, que el final beneficia en cuanto al rendimiento laboral. En cuanto a características del micro sílice, en efecto provocan disminución en la porosidad y aquello admite que por lo tanto sea más duradero, más resistente, e incluso concluye que el uso de aditivos reductores de agua y superplastificantes registran asentamientos que van de 6” a 9” pulgadas. El autor también nos da conclusiones sobre el costo y dice que este tipo de concreto es más costoso que un concreto convencional, a causa seguramente a la utilización de micro sílices, aditivos y del incremento en la cantidad de cemento para diseño con una baja relación A/C agua cemento; no obstante el beneficio que tiene sobre la reducción de tiempo para lograr resistencias altas, y en la reducción de magnas secciones estructurales transversales o la durabilidad con que se sustenta en el tiempo, lo cambia ciertamente en una buena razón de utilizarlo.

2. (CHILUISA SERRANO, 2014) , realizó estudios experimentales en el marco de investigación para tesis, llamada **“HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA ($f'_c = 50\text{MPa}$) UTILIZANDO AGREGADOS DEL SECTOR DE PIFO Y CEMENTO ARMADURO ESPECIAL- LAFARGE”**. Dicho estudio se presentó a la **Universidad**

Central de Ecuador, ésta investigación tiene como **objetivo desarrollar un método de mezclado que permita una adecuada distribución de todos los materiales en el hormigón. Así mismo conocer los efectos que logra obtener el concreto por la influencia de añadir micro sílice y aditivo químico en la mezcla**, mediante el ensayo de probetas cilíndricas a diferentes edades. Así mismo busca justificar las cantidades adecuadas de micro sílice y aditivo que se deben añadir a las mezclas de hormigón, para obtener un concreto de alto rendimiento. Este estudio determina y concluye que las proporciones de la mezcla óptima que mejor le dio resultado son: Agua=188Kg, Cemento=515Kg, Microsílice=77Kg, Ripio=852.20Kg, Arena=584.68Kg, y Aditivo químico=16.36Kg.

Se concluye que lavar los agregados es muy significativo para el progreso de la resistencia del concreto, ya que estos intervienen directamente en el incremento de la resistencia a la compresión. También concluye que el tamaño nominal máximo del Pifo fue de 1/2” pulgada y que también la arena requiere un módulo de finura de 3,20. Se pudo concluir también que con el cemento Armaduro Especial que se utilizó logra conseguir grandes resistencias iniciales y en la mezcla definitiva obviamente también. La cantidad de aditivo que se usó en las mezclas, inquieta directa y proporcionalmente a la resistencia a la compresión del concreto endurecido. También se concluyó que los concretos de alta resistencia al tener bajas relaciones de agua cemento, es preciso el uso de aditivos, ya que sin ello sería un concreto con poca trabajabilidad, haciendo complicado su manipulación.

3. (LÓPEZ YÉPEZ, 2011), realizaron estudios experimentales en el marco de investigación para tesis, llamada **“INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE ADICIÓN DE LA MICROSILICE Y DEL TIPO DE CURADO, EN LA PENETRACIÓN DEL ION CLORURO EN EL CONCRETO DE ALTO DESEMPEÑO”**. Dicho estudio se presentó a la **Universidad Nacional de Colombia**, ésta investigación tiene como **objetivo determinar cómo influye el porcentaje de adición de micro sílice y del tipo de curado en la penetración de ion cloruro en el Concreto de Alto Desempeño**. Así mismo pretende fundar una dosis adecuada para lograr un Concreto de Alto Resistencia elaborado con agregados gruesos en la zona de dominio de Bogotá -Colombia, lugar de origen de dicha tesis. El trabajo concluye determinando que los agregados tienen mucha injerencia en cuanto a su origen, y que estos influyen directamente con la resistencia de compresión y el módulo de elasticidad. También afirma que la facilidad de conseguir

dicho agregado grueso es muy sencilla, por lo que recomienda su utilización.

4. (PEREZ BAHAMONDE, 2008), realizó estudios experimentales en el marco de investigación para tesis, llamada **“CARACTERIZACION DE MORTEROS CON ADICION DE COMBINACIONES DE MICROSILICE Y NANOSILICE”**. Dicho estudio se presentó a la **Universidad Austral de Chile**, ésta investigación tiene como **objetivo determinar algunas de las propiedades mecánicas y físicas de un mortero o también conocido concreto en nuestro país, concreto que será tratado con micro sílice, nano sílice y combinación de ambos materiales**. Así mismo pretende que estas combinaciones se hagan de forma práctica usando ensayos de laboratorio y del mismo modo una caracterización microscópica superficial. El trabajo concluye determinando que acorde al objetivo principal, la investigación brinda conocimientos en cuanto a beneficios para aplicar aditivos silicios en morteros. La trabajabilidad en cuanto al nano sílice y micro sílice, es mayor en caso de la primera, obteniendo un concreto casi líquida. Pero también cabe resaltar que combinando ambos productos se mejora la fluidez y viscosidad junto con una buena resistencia a casusa de este fenómeno. En cuanto a densidad no hubo mayores cambios o algo resaltante. Con respecto a la compresión, resulta mejor la combinación con micro sílice al 3.5% y nano sílice a un 1%.

5. (Noriega Medina, 2011), presenta una tesis con el nombre **“EVALUACIÓN DEL USO DE MICRODE MICROSILICE COMO ADICIÓN EN MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA”**, ante la **universidad central de Venezuela**, ésta investigación tiene como **objetivo evaluar el comportamiento de mezclas de concreto diferentes para alta resistencia**, mediante el uso de micro sílice como sustituto parcial del cemento y como adición del mismo. Así mismo busca diseñar y elaborar mezclas de concreto con un patrón y adicionar dicho elemento en distintas cantidades. El trabajo logra concluir las siguientes conclusiones: El agregado nacional en forma comercial, no siempre cumple con las normas y requisitos establecidos en Venezuela, por eso es importante tomar una buena decisión al momento de usar un diseño de mezclas especial. Otros puntos importantes a tomar en cuenta son, que la inclusión de micro sílice en concretos que tengan baja relación de agua/cemento hace disminuir la trabajabilidad de la mezcla, este producto también garantiza menos espacios saturables por el tamaño característico de sus partículas, produciendo una mezcla más homogénea debido a la buena vibración que permite la

trabajabilidad. Las mezclas de concreto aumentan su peso unitario, en la medida en que se adiciona micro sílice y disminuyen su peso cuando es sustituido el cemento por micro sílice, esto motivado a que el cemento posee mayor peso específico que la micro sílice, y por ende el concreto será más pesado en la medida en que exista más cemento.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

1. (HUINCHO SALVATIERRA, 2011), en su tesis de grado titulada “**CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA USANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE CON CEMENTO PORTLAND TIPO I**”, nos introduce a su investigación presentada ante la **Universidad Nacional de ingeniería**, el cual nos presentan una serie de estudios comparativos entre concretos distintos, el primero un concreto normal que sirve de patrón, un concreto con aditivo, concreto con aditivo más micro sílice, y por último un concreto con aditivo más nano sílice, encontrando que la aplicación de aditivos, mejora enormemente la resistencia a la compresión. **Su principal objetivo fue obtener concretos de alta resistencia para lo cual se compara con una base de concreto patrón, analizar las mejoras con el uso de micro sílice y nano sílice, así mismo sus costos de concreto.** La investigación concluye dando a conocer que se puede un concreto de alta resistencia, y que también mejora la resistencia a la compresión, con valores a los 90 días de 1423 kg/cm^2 , y a su vez convierte a este concreto en un concreto auto compactado. La dosificación que resulto más propicia en cuanto al micro sílice encontrado es de 10% por lo tanto se pudo obtener una resistencia de 1420 kg/cm^2 , ya en el caso de nano sílice con 1% pudo llegar hasta 968 kg/cm^2 , y para la combinación de micro sílice y nano sílice, se combinó a un 5% de micro sílice más 0.5 % de nano sílice, pudiendo llegar hasta 1065 kg/cm^2 con respecto a la compresión. También se pudo determinar que el concreto elaborado con Nanosílice aumenta las características ya sea el concreto cuando este en estado fresco o endurecido en comparación con el concreto de patrón inicial, ello es beneficioso, porque el Nanosílice al estar en estado líquido, el impacto ambiental se radicaliza. Todos los materiales usados en el concreto fueron convencionales, es decir que se pueden encontrar fácilmente en la zona de estudio, justamente la misma facilidad de obtención que se busca en la investigación que estoy realizando. Del mismo modo podemos comentar que en cuanto a las conclusiones de esta investigación, el beneficio de costo de uso del nano sílice en 1% es más beneficioso que el uso de micro sílice al 10%, no obstante, la más alta resistencia fue

obtenida con el 10% de micro sílice 1423 kg/cm^2 a los 90 días.

2. (ESCOBEDO PORTAL, 2014) , en su tesis titulada **“INCIDENCIA DE LA NANOSÍLICE EN LA RESITENCIA MECÁNICA DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA CON CEMENTO PORTLAND TIPO I.”**, presentada ante la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**, presenta una investigación con el siguiente objetivo, **establecer la incidencia de nano sílice en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con cemento portland tipo I**. Del mismo modo, se buscó elaborar un concreto capaz de superar un $f'c=600 \text{ kg/cm}^2$, este concreto se tomó como patrón y al final buscó comparar con la resistencia a la compresión resultante de las propuestas de concreto con nanosílice. De la investigación citada resultan las siguientes conclusiones: Principalmente se consiguió un diseño del Concreto Patrón (C.P) con un superplastificante SIKAMENT 290N, en una dosis del 1% en peso de cemento y con una reducción de agua del 18%, llegando una resistencia promedio de 671.41 kg/cm^2 a la edad de 28 días. La mejor dosificación adicionada con nanosílice fue de 1.5% ya que se consiguió una resistencia de 785.30 kg/cm^2 a la edad de 28 días, resultando también ser ante el estudio un concreto auto compactante. La Nanosílice optimizó el concreto tanto al estado fresco como endurecido del concreto diseñado en cotejo al Concreto Patrón, esto resultó ser provechoso ya que una vez llevado a estado líquido su impacto ambiental es nulo.

3. (VARGAS CALLE, 1995), en su tesis titulada **“INCORPORACIÓN DEL ADITIVO MICRO-SILICE F-100T DRY EMSAC Y EL SUPERPLASTIFICANTE PSP-N2 PROTEX PARA LA OBTENCION DE CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA”**, presentada ante la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**, presenta una investigación con el **objetivo de mostrar una nueva perspectiva relacionada con el uso de la tecnología del concreto pretendiendo ocasionar una reflexión y un análisis acerca de los proceso constructivos de manera de lograr proceso más eficientes, de costos competitivos y que ofrezcan una mejor calidad, todo mediante cuadros de comparación con un patrón de concreto y otros adicionando el micro sílice en diferentes proporciones**. La investigación concluye en los siguientes resultados: En todas las mezclas se obtuvieron asentamientos requeridos, En las mezclas con micro sílice el superplastificante juega el papel más importante para obtener los asentamientos. Las dosificaciones de superplastificante son variables y es difícil de predecir una dosificación, siendo necesario

realizar varias pruebas para hallar la dosificación correcta. La cantidad de superplastificante, necesaria para obtener un determinado asentamiento se incrementa en proporción mayor que el incremento de micro sílice, debido a la alta fineza de ésta. Del mismo modo se reconoce que en climas calurosos la temperatura del medio influye en las características geológicas, la mezcla tiende a secarse más rápido ocasionando pérdidas de asentamiento, lo que implicará mayores dosificaciones o adiciones de superplastificante.

4. (BEDÓN LOPEZ, 2017), en su tesis titulada **“DISEÑO ÓPTIMO PARA OBTENER CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PARA OBRAS CIVILES EN ZONAS ALTO ANDINAS DEL PERÚ”**, presentada ante la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**, presenta una investigación con el **objetivo de diseñar un tipo de concreto de alta resistencia que se pueda ajustar a los requerimientos de obras civiles en las zonas altas del país**. Del mismo modo determinar una dosificación adecuada, demostrar la factibilidad de usar este tipo de CAR, Obtener también resistencias mayores a 280 kg/cm^2 usando materiales del lugar, y por ultimo determinar su máxima resistencia. Se concluye que es muy factible usar un concreto de alta resistencia en Huaraz, y que los proyectos inmobiliarios comerciales y habitacionales los requieren. Se logró con este diseño de 615 a 915 kg/cm^2 incorporando para el segundo el ya mencionado micro sílice, La resistencia a la compresión a los 28 días es de 585 kg/cm^2 , el concreto patrón más aditivo (2 %) a los 28 días es de 634 kg/cm^2 . (108%). El concreto patrón con aditivo (2.3%) más micro sílice (12%) a los 28 días es de 784 kg/cm^2 (125%). En cuanto a determinar la dosificación adecuada de los concretos de alta resistencia para lograr el comportamiento estructural deseado en las zonas alto andinas del Perú; se obtuvo que la dosis optima de micro sílice encontrada es de 12% con lo cual se obtiene la máxima resistencia a la compresión de 915 kg/cm^2 a los 90 días. Los materiales usados como los agregados, cemento, aditivos y agua son convencionales, es decir se encuentran en la zona lo que da mayor aplicabilidad a estos concretos de alta resistencia.

5. (TEJADA SILVA, 2016), en su tesis titulada **“INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y EL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN EL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA”**, presentada ante la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**, presenta una investigación con el objetivo establecer diseños de mezclas con adición de microsíllice y aditivo superplastificante para obtener concretos de alta resistencia y analizar la influencia de estos componentes en la resistencia del concreto elaborado. El estudio

concluye que utilizando Cemento sol tipo I, Aditivo Superplastificante Sika® ViscoCrete® - 20 HE y PLASTOL 5000 en cantidades entre 1.6 y 2% del peso del material cementante, y Microsílice Sika® Fume y Microsilica Z en cantidades de 5, 7.5 y 10 % del material cementante. Utilizando también 9 tipos de diseño con relación agua (material cementante) de 0.25, 0.30 y 0.35, Se ensayaron probetas a 7, 28, 56 y 91 días de edad. Se utilizaron para este estudio 1065 probetas. Se obtuvieron valores medios de $f'c$ entre 557 y 919 Kg/cm². Para todos los diseños realizados se observa que las resistencias no se estabilizan hasta los 96 días para indicar una edad en la que se alcance la máxima resistencia.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. EL CONCRETO

El concreto es un material duro que se asemeja a las rocas, éste es el resultado de la combinación de cemento, agua, aire y agregados (piedra y arena) en adecuadas proporciones. Lo que diferencia a las rocas del concreto es que se le puede otorgar dimensiones específicas y para esto se utilizan los denominados encofrados. (Ortega, 1990 pág. 11)

El mencionado autor sugiere acerca del concreto, nombrarlo como un material que es un producto resultante de la mezcla de elementos esenciales como el agua, cemento, agregado gruesos y fino, los cuales al solidificarse se convierten en quizás el material más resistente en construcción para realizar estructuras. Al principio este se encontrará en un estado fresco, consintiendo que siempre lo podemos moldear acorde a nuestro encofrado, pero ya al pasar el tiempo, después de algunas horas o días incluso, se endurece y se adopta a las dimensiones que se pretenda.

1.3.1.1. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA “CAR”

Según (ACI 116R, 2000), “Es un concreto que cumple con la mezcla de desempeño especial y requisitos de uniformidad, mezcla que no puede ser rutinariamente conseguida usando solamente los componentes tradicionales y las prácticas normales de mezcla colocación y curado”.

Igualmente de ellos podemos definir que un concreto de alta resistencia, es definido así, si

sobre para a los 420 kgf/cm² a los 28 días, de tal modo también parece indispensable mencionar otras características como son la trabajabilidad y la durabilidad, estas son características buscadas en la presente investigación. El elaborar un concreto de alta resistencia solicita de una mayor atención, pero también es necesario resaltar que se necesita cierto control de calidad que resulte más riguroso comparándolo con un concreto convencional.

En la elaboración de este tipo de concreto, necesitamos adicionar aditivos como nanosílice o microsílice, pero también un superplastificante. Normalmente los concretos que tienen la característica de ser de alta resistencia, son nombrados casi como un material nuevo, ya que su difusión ha sido gradualmente en el tiempo.

Y según se ha ido conociendo este tipo de concreto de alta resistencia, los requerimientos han ido variando y con ellos los requerimientos mínimos para ser llamado concreto de alta resistencia.

En 1950 la construcción y la ingeniería consideraban concreto de alta resistencia, cuando un concreto sobrepasaba una resistencia a la compresión de 350 kgf/cm². Ya a partir de 1960 los concretos que se encontraban en el rango de 410 a 520 kgf/cm² en compresión ya eran empleados comercialmente en trabajos de poco requerimiento, pero ya se hacía un nombre propio.

En 1970 los concretos de alta resistencia de 620 kgf/cm² ya estaban siendo producidos a gran escala. Para dar referencia más cercana, podemos comentar sobre los concretos superiores a 1300 kgf/cm² usados en Estados Unidos para el vaciado y construcción de estructuras de concreto en obras estructurales conocidas a gran altura. En el oriente Dubái ha desarrollado concretos de altas resistencias con edificios de más de 880 metros de altura, siendo los actuales especialistas en el tema, ya que el uso del recurso estudiado ya es bastante común en dicha zona.

El concreto de alta resistencia a parte de cumplir principalmente con superar una compresión de 420 kg/cm², debe de tener una adecuada trabajabilidad y durabilidad.

1.3.1.2. PROPIEDADES DEL CAR EN ESTADO FRESCO

Es de mucha importancia un análisis general de las principales características que presenta el concreto en su estado fresco, cómo se miden y las causas o factores que lo afectan, asimismo lo relacionado a diseños de mezcla, transporte, colocación y compactación; todo esto puesto que dichas

características afectarán en un bajo o alto grado al concreto cuando éste se haya endurecido luego de unas horas. (Sanchez, 1991 pág. 112)

El autor en referencia de la cita anterior precisa que es forzoso el manejo correcto de este tipo de concreto, ya que dependiendo de la manipulación correcta, dependerá ciertas propiedades, ya que éste manejo será el principal factor para que las propiedades del concreto ya endurecido sean óptimas.

- **Cohesión:** Propiedad del concreto que imposibilita el fraccionamiento de los materiales en la mezcla de concreto, también las dirige en el transcurso de su distribución dentro del encofrado que se vaya a utilizar.
- **Tiempo de fraguado:** durante el proceso de la fabricación del concreto coexisten dentro reacciones químicas, al principio no concurren grandes cambios en la consistencia, pero se comienza a perder fluidez cuando la resistencia logra los 35 Kg/cm², y ello se resulta hasta que posteriormente se convierte en un material rígido. En este punto ya no es posible moldearlo. Ya luego cuando posteriormente el concreto logra alcanzar la resistencia anhelada al 100%, se dice que el concreto ya fraguó, y es en ese momento donde el concreto comienza a garantizar una mejor característica mecánica.
- **Segregación:** Posteriormente de que el concreto es colocado en un encofrado o molde que lo sostenga, comienza un proceso natural y normal en el cual los materiales pesados o agregados descienden debido al peso propio de cada material. Por el contrario, el agua sube a la superficie, y debido a esto en la superficie se origina un manto de resistencia y durabilidad menor. Para evitar tener inconvenientes se debe realizar una apropiada compensación de agua en el diseño de mezcla, utilizar agregados gruesos y finos con óptima granulometría.

1.3.1.3. PROPIEDADES DEL CAR EN ESTADO ENDURECIDO

(Kosmatka, y otros, 2004 pág. 2), señala que: “Después del término del proporcionamiento, dosificación, colocación (hormigonado, puesta, colado), consolidación, acabamiento y curado adecuados, el concreto se endurece, se convierte en un material no-combustible, durable, resistente a la abrasión e impermeable lo cual requiere poca o ninguna

conservación”.

Por lo tanto se puede decir que según la cita del PCA¹ nos informa que el concreto ya en estado correcto de endurecido después de pasar una buena dosificación, curado y consolidado, terminan por brindarnos muchas características beneficiosas, por lo que se convierte en el material idóneo para el tipo de trabajo que nosotros realizamos con esta combinación. También podemos hacer referencia que dichas características son:

- **Resistencia mecánica:** En los concretos más comunes o ya sea en concretos de alta resistencia interviene en demasía la rapidez con la que logramos hidratar la mezcla concreto, ya que está directamente involucrado con la superficie específica, también es importante mencionar que los cementos portland normales poseen una mayor superficie específica, pero no por eso obtendrán una resistencia más rápida, debido a que por las características naturales, al inicio no logrará esta característica por ser su primer periodo.
- **Generación de calor:** cuando realizamos la mezcla de concreto se notan reacciones en el preparado, para ser más claros esto se da entre el agua y el cemento, o también le podemos llamar como reacciones exotérmicas, por lo tanto se genera un aumento de la temperatura en la mezcla, ya luego al enfriarse se retrae haciendo que así los esfuerzos de tracción terminen incluso aveces agrietando el concreto, y endureciendo con esta deformidad. Normalmente esto es cuando usamos cementos que se hidratan rápidamente, es decir cuando tiene una alta superficie específica, otro caso también a considerar es cuando trabajamos con estructuras con grandes espesores.
- **Resistencia ante sulfatos:** Sabemos que las sales inorgánicas abundan en suelos que hayan tenido aguas residuales, creándose el sulfoaluminato de calcio, quienes luego son reconocidos como una mezcla tipo polvillo que poco a poco desintegran al concreto; ante lo cual podemos actuar usando cementos que tengan baja proporción del aluminato de calcio, u otras puzolanas que al agregar al concreto en estado fresco mejoran notablemente la resistencia al ataque de sulfatos.

¹ Portland Cement Association.

- **Estabilidad volumétrica:** Son los cambios volumétricos que va experimentando el concreto. En un inicio, en el fraguado aparece un tipo de contracción llamado plástica, que aparece por el uso excesivo de agua al momento de hacer la mezcla y también dependiendo curado que se tuvo. Por otro lado está la contracción térmica que se produce debido al enfriamiento progresivo del concreto luego de ir calentando a causa de la hidratación del cemento; Y por último también consta una contracción debido al secado después de un largo tiempo después que la estructura de concreto va perdiendo la hidratación a causa de la evaporación del agua.

1.3.1.4. AGUA PARA EL CONCRETO

(Ibarcená, 2013 pág. 8), afirma que “El agua posee dos funciones en el concreto: la primera como ingrediente en su fabricación y la segunda como medio de curado en estructuras recién edificadas”.

El autor hace referencia que el agua es el factor más importante cuando elaboramos la mezcla de concreto, ya sea en estado fresco al momento de crearlo o incluso en el curado. Cuando realizamos la mezcla, el agua tiene un objetivo, y este es dar el asentamiento adecuado de la mezcla que se esté realizando. Es interesante saber que mientras más agua, ocurre más hidratación y por o tanto el asentamiento y la segregación también aumenta.

Luego cuando el concreto inicia a solidificarse, es normal que se pierda una parte del agua que se usó en su elaboración del diseño, por lo cual aparece ciertos poros en su lugar, consecuentemente hace que la resistencia mecánica baje de rango, haciéndolo mucho más permeable y debido a esto comienza a hacerse más latente a tener ataques por agentes químicos externos.

Otro interesante punto es saber que el porcentaje de agua que utilizamos en la mezcla establece notoriamente la fluidez de la misma.

1.3.1.5. CEMENTO

Según la ASTM C150, el cemento Portland, viene a ser un cemento hidráulico procedente de la pulverización del clínker combinado también con silicatos por calcio hidráulicos y que

poseen mayormente una o más de las formas de sulfato de calcio.

Clinker Portland + yeso = Cemento Portland

1.3.1.5.1. TIPOS DE CEMENTO

Según la ASTM C150, el cemento se clasifica en 5 tipos:

- **TIPO I:** Es el más usado, ya que se utiliza cuando no requerimos propiedades especiales.
- **TIPO II:** De uso también común, pero nos proporciona resistencia contenida debido a los sulfatos o controla también el calor de hidratación.
- **TIPO III:** Su uso es normalmente cuando necesitamos altas resistencias iniciales del concreto o a temprana edad de asentado.
- **TIPO IV:** Su utilización es cuando necesitamos un calor de hidratación bajo del concreto.
- **TIPO V:** Es un concreto que utilizamos al necesitar extrema resistencia contra los sulfatos en el concreto.

Cabe señalar que para la presente investigación, se usará el cemento más comercial y de uso general, el cemento Sol Tipo I, con el objetivo de que sea fácil la elaboración de diseño.

1.3.1.6. AGREGADOS DEL CONCRETO

Según la Norma técnica peruana NTP 400 037.

Agregado para concreto: Viene a ser un ligado de partículas, con principio natural o artificial, y estas se logran obtener de forma tratada o elaborada, sus dimensiones están entre un rango de límites por la presente NTP.

Agregado fino: Es un tipo de agregado que viene de la desagregación ya sea de forma artificial o natural, teniendo que pasar por un cedazo normalizado 9,5 mm (3/8 pulg), y que a su vez debe estar supervisado bajo la NTP.

Agregado grueso: Es un tipo de agregado que debe ser retenido en el tamiz n4.75 mm (No.4), este tipo de agregado proviene de la desagregación natural o ya sea de estado artificial de la roca, y que también debe regularse con límites establecidos en la NTP.

Normalmente los agregados usados en la mezcla del concretó tienen un 60% a 75% de representación dentro del total del volumen, es por esto que tiene una gran importancia sobre la mezcla a elaborar y es necesario conocer las propiedades de los diferentes tipos de agregado que se pueden emplear en la elaboración del concreto. (Ibarcená, 2013 pág. 9)

El autor indica que los agregados del concreto poseen importancia pues poseen particularidades que los hacen excelentes para expresos trabajos, debido al entorno donde lo realicemos.

En caso de concreto y en concreto sobre todo de alta resistencia, los agregados juegan papel importante debido a que son ellos quienes en consecuencia a su granulometría harán que se eliminen los contenidos de aire, con el fin de hacer un concreto más compacto y resistente. Las principales (ver tabla 1):

CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS	ASPECTOS INFLUIDOS EN EL CONCRETO	
	ESTADO FRESCO	ESTADO ENDURECIDO
Granulometría	<ul style="list-style-type: none"> • Manejabilidad • Requerimiento de agua • Segregación 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia mecánica • Cambios volumétricos • Coste
Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> • Requerimiento de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidad • Resistencia mecánica • Cambis volumétricos
Densidad	<ul style="list-style-type: none"> • Peso unitario 	<ul style="list-style-type: none"> • Peso unitario
Sanidad	<ul style="list-style-type: none"> • Requerimiento de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidad
Absorción y porosidad	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de encogimiento • Contracción plástica 	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidad • Permeabilidad
Forma de partículas	<ul style="list-style-type: none"> • Manejabilidad • Requerimiento de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia mecánica • Cambios volumétricos • Costos
Textura superficial	<ul style="list-style-type: none"> • Manejabilidad • Requerimiento de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidad • Resistencia al desgaste
Tamaño mínimo	<ul style="list-style-type: none"> • Segregación • Peso unitario • Requerimiento de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia mecánica • Cambios volumétricos • Peso unitario • Permeabilidad • Economía
Módulo de elasticidad	-	<ul style="list-style-type: none"> • Módulo de elasticidad • Cambios volumétricos
Resistencia mecánica	-	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia de Compresión

Tabla 1 : Características De Los Agregados²

² Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería

1.3.1.7. ADITIVOS

(ACI 116R, 2000 pág. 2), define al aditivo como: “un material que no siendo agua, agregado, cemento o refuerzo con fibra, es empleado como un ingrediente del concreto o mortero y es añadido inmediatamente antes o durante el mezclado.”

El autor expone que los aditivos son materiales especiales que se usan como un ingrediente adicional de la mezcla de concreto, se añade durante la mezcla con la finalidad de obtener alguna o varias mejoras de las características dependiendo del trabajo, lugar o necesidad, dando de esta manera beneficios de colocación, costos, rapidez, fraguado, resistencias, y otros.

Según la norma ASTM 494 los aditivos están clasificados según este perfil:

- TIPO A: Vienen a ser los reductores de agua en el concreto.
- TIPO B: Serían los retardante de fragua en el concreto.
- TIPO C: Son los acelerante de la fragua de concreto.
- TIPO D: Dentro del concreto vienen a ser los reductores de agua, pero a la vez también los retardadores de fragua.
- TIPO E: Vienen a ser los reductores de agua y también a la vez con los aceleradores de la fragua.
- TIPO F: Son del tipo súper reductores de agua del concreto.
- TIPO G: Son del tipo súper reductores de agua y retardador de fragua en el concreto.

1.3.1.8. SUPERPLASTIFICANTES

Este tipo de aditivo diferente si lo llevamos al tema químico en comparación con un reductor de agua, ya que son capaces de lograr reducir los contenidos de agua en 30%. También son conocidos como súper fluidificantes, súper reductores de agua o reductor de agua en alto rango, o superplastificantes.

1.3.1.9. MÉTODOS DE USO

- **PARA ELABORAR CONCRETO FLUIDO**

Los superplastificantes generan un concreto auto compactado, fluido y auto nivelado. Ya que no reduce la relación agua cemento, y menos el contenido del cemento, su única función es mejorar la trabajabilidad, sin dañar la segregación con tal de poder hacer buenas colocaciones de concreto en el vaciado, o cuando tengamos mucha área de acero estructural en el encofrado.

- **CONCRETOS REDUCIDOS DE CEMENTO**

Los superplastificantes se pueden utilizar en concretos que contengan baja relación agua cemento y esto no genera algún cambio, por lo tanto genera una mejor conservación de energía.

- **CONCRETOS CON RELACION A/C MUY BAJA**

Generalmente los concretos de alta resistencia son producidos con una baja incorporación de agua, y el usar un superplastificante permite esta disminución, pero sin alterar la trabajabilidad. Incluso puede ser un concreto con relación de 0.28 o una reducción de agua mayor de 30%.

1.3.1.10. TRABAJABILIDAD DEL SUPERPLASTIFICANTE

El añadir un superplastificante genera que la trabajabilidad del concreto aumente, pero el asentamiento también varía de acuerdo al superplastificante que usemos, el análisis de asentamiento depende del asentamiento inicial ya que con mezclas que contengan bajo asentamiento requerirá mayores dosajes, pero el superplastificante de concreto hace que el valor inicial de asentamiento se incrementó directamente proporcional a la cantidad de aditivo que usemos.

1.3.1.11. PERDIDA DE ASENTAMIENTO CON SUPERPLASTIFICANTES

Cuando usemos concretos con este tipo de aditivos, usualmente a trabajabilidad son mejores que las normales hasta los 60 a 90 minutos, después de ese momento, comienza a distorsionarse esa propiedad, a tal fenómeno lo conocemos como pérdida de asentamiento. Y esta depende del valor inicial de asentamiento, la cantidad y tipo de superplastificante, el instante en que añadimos el aditivo, la humedad de los agregados y la mezcla, la temperatura en la que se trabaja, el criterio para realizar la mezcla y el uso de otros aditivos. Como recomendación está que para tener una buena trabajabilidad es necesario añadir el aditivo casi en el instante de la descarga del concreto, pero si se hace en planta concretora, ellos deben regular la forma de mantener esta propiedad.

1.3.1.12. REDUCCIÓN DE AGUA DE UN SUPERPLASTIFICANTE

Este tipo de aditivos pueden lograr reducir el agua de un concreto entre el 15 y 30% sin dañar la trabajabilidad del concreto en sí. El concreto al final resultará con mejor resistencia, y menos permeabilidad. Todos los tipos de cemento portland pueden ser añadido un superplastificante, pero debemos tener en cuenta que la reducción no es la misma en cada marca.

1.3.1.13. CONTENIDO DE AIRE EN LOS CONCRETOS CON SUPERPLASTIFICANTES

Este aditivo superplastificante incorpora algo de aire en nuestro concreto. En casos de aditivos súper plastificantes basados en lignosulfonatos el contenido de aire puede al contrario incrementar. En tal sentido entendemos que los concretos con uso de este tipo de aditivo necesitan mayor dosajes de un incorporador de aire, en relación a un concreto sin superplastificante.

1.3.1.14. TIEMPO DE FRAGUADO EN CONCRETOS CON SUPERPLASTIFICANTES

Los concretos con este tipo de aditivo tienen un endurecimiento determinado por el tiempo

de fraguado, dependientes del fraguado inicial y final. Cuando mi concreto logra el fraguado inicial ya no puedo manejarlo o colocarlo bien, y que es ahí cuando inicia el endurecimiento, los superplastificantes retardan el fraguado inicial, éste depende el tipo y cantidad que se utilice.

1.3.1.15. CONCRETO ALTA RESISTENCIA

1.3.1.15.1. HISTORIA DEL CAR

El concreto de alta resistencia normalmente goza de poco reconocimiento debido a que no es un material tan usado al menos en nuestro país, y debido a esto, incluso en estas épocas donde su uso se ha ido masificando, aun es considerado un material relativamente nuevo, pero no obstante es necesario dar a conocer en la presente investigación un poco de su historia, debido a ello podemos mencionar que en la época de los 60 y 70 se comenzó con la introducción al mercado de los edificios a gran altura en Chicago Estados Unidos.

Hubo para este acontecer, investigaciones y estudios previos por

Estos conocimientos han podido ser posible gracias a constantes estudios de investigadores, tales como Feret, Abrams y Gilkey reconocidos como padres de este material, y son ellos quienes aportaron para conocer hoy en día lo que es un amplio futuro de este tipo de concreto, el cual permitirá construcciones importantes.

Del mismo modo, tenemos ejemplos de construcciones hechas en épocas pasadas, y a continuación nombro los siguientes:

- Hotel Executive House, en Chicago, construido el 1959, con altura de 113 m.
- One Shell Plaza, en Houston, construido el 1970, con altura de 210 m.
- El Túnel sub marino y/o canal de la Mancha que logra unir a Francia e Inglaterra, más conocido hoy en día como euro túnel, construido en 1994, con una longitud total de 50.5 km.
- Las Torres Petronas de Kuala Lumpur, construido en Malasia, en el año 2003, con una altura de 452 metros; y muchos otros más.

El concreto de alta resistencia es llamada de esa manera por su elevada e increíble resistencia a la compresión, obviamente esta va mejorando en rangos según vaya avanzando los estudios de nuevos materiales, pero principalmente al ser comparados con un concreto convencional

o normal que usamos en construcciones de nuestra localidad tienden a ser de bastante diferencia, ya que un concreto convencional se encuentra en el rango de 175 - 280 kgf/cm². El CAR o concreto de alta resistencia se ha ido conociendo y mejorando en el tiempo, EN1997 ya era un material utilizado en casi todo el mundo, por lo que debido a esto despertó el interés de muchos científicos por conocer y ahondar más en el tema.

En un inicio la forma de que tuviéramos mayor resistencia en un concreto, se basaba en disminuir el índice de vacíos, o para entender mejor, es una forma de hacerlo con mayor compacidad, y se hacía menorando la relación agua y cemento hasta lograr niveles mínimos con el fin de poder hidratar el cemento, y para que la mezcla tuviera mejor trabajabilidad necesitaríamos usar superplastificantes y reductores de agua con el fin de tener asentamiento de unos 10 cm iniciales.

Teniendo en cuenta esos conocimientos, las experiencias fueron aumentando y con ello aumentando sapiencia en el tema, tales como la calidad del agregado, como por ejemplo el tamaño máximo del agregado grueso, módulo de finura en agregados finos, también el tipo y calidad del cemento a utilizar, la microsílíce a aumentar, y el superplastificante que se elige. Es importante en este punto aclarar que cuando se logra una buena resistencia a la compresión, también mejora a su vez la impermeabilidad y durabilidad por ser más compacto, y por último mejora también el ataque a cloruros u otras reacciones químicas.

1.3.1.15.2. APLICACIONES

A razón, de que los diseños en las estructuras han ido avanzando en el tiempo buscando esbeltez y que los procesos constructivos requieren mayor rapidez de entrega, ha ido aumentando la necesidad de conocer sobre los concretos de alta resistencia.

Las principales aplicaciones del CAR son:

Construcción de edificios altos, por lo que se logra reducir la sección transversal de las columnas, y a su vez generando un aumento del área útil.

En caso de la construcción de elementos prefabricados, aumenta y mejora las solicitaciones ya diferentes a los concretos usados convencionalmente, ya que utilizar este tipo de concreto en ese caso le da rapidez, mejor comportamiento y liberación de zonas para seguir construyendo.

También sirve al aplicarlo poniendo rápidamente en servicio elementos estructurales, tales como vigas, columnas, losas, etc. en menor tiempo, principalmente en carreteras.

Así mismo cuando hacemos edificación de puentes con largas luces, mejorando la calidad de los elementos en cuanto a resistencia, durabilidad e impermeabilidad.

Cuando se requieren complacer necesidades determinadas en aplicaciones específicas como: durabilidad, resistencia a la compresión y módulo de elasticidad, para fabricar estructuras tales como: pisos industriales de tráfico pesado, presas, cimentaciones en el mar, cubiertas de graderías de estadios o estacionamiento, etc.

1.3.1.15.3. VENTAJAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

- Ganamos rapidez en cuanto a la resistencia a la compresión.
- Se puede lograr reducir secciones transversales de estructuras. Logrando directamente proporcional un mejor uso del cemento en obra con eficiencia y austeridad conveniente.
- El propio peso de nuestra estructura está bajo, en comparación a un concreto convencional, pudiendo mejorar una menor cimentación.
- Celeridad en una construcción y entrega de obras.
- Extender la vida útil de mi estructura. También un aumento de la resistencia, por ende, un mayor aguante ante la agresión de agentes químicos externamente al concreto.

1.3.1.15.4. DESVENTAJAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

- Es necesario siempre un mayor número de personas capacitadas para elaborar este tipo de concreto, cuando el requerimiento del volumen aumenta.
- Resulta muy delicado cuando existe variación de materias primas establecidas en el diseño.
- Siempre necesitará las mejores condiciones para el curado.
- Es necesario usar aditivos para aumentar y que obtengamos una mayor trabajabilidad en la mezcla para cuando hagamos colocación del concreto en obra.
- Generalmente el concreto de alta resistencia tiene un mayor precio en comparación con el convencional.
- Cualquier aumento de cemento, agua, o aditivo en obra altera su diseño, así sea poco termina perjudicando la calidad del concreto.

1.3.1.15.5. DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO

(Romero, y otros, 2014 pág. 50), señala que: “El método ACI es un método de dosificación para diseñar mezclas de hormigón; basado en medir los materiales (cemento, agua, grava y arena) en peso y volumen, y se diseña tanto para una mezcla en estado fresco como endurecido”.

Según los citados autores indican que coexisten disímiles técnicas de hacer un diseño de concreto, pero, habitualmente todas aquellas son diversidades o provenientes del método del ACI³; y para aquel método requiere siempre conocer las características mencionadas a continuación:

- **Resistencia a la compresión ($f'c$):** Es cuanta capacidad de resistencia puede lograr el concreto y esta viene a regularse en forma lineal a los días, la unidad de medición es kg/cm^2 .
- **Peso específico del cemento (PE_c):** Alude a la correspondencia entre el aire en cierto volumen de cemento con relación a la masa de un volumen. Se mide en “ kg/cm^3 ”.
- **Peso unitario compactado del agregado grueso (PUC_{AG}):** Es una correspondencia existente entre la masa de un grupo de partículas compactadas, y el volumen total que ocupa, la unidad de medida que se utiliza es kg/cm^3 .
- **Peso unitario suelto del agregado grueso (PUS_{AG}):** Viene a ser aquella relación existente de la masa de un grupo de partículas en estado suelto, y el volumen total que ocupa, la unidad de medida que se utiliza es kg/cm^3 .
- **Peso específico del agregado grueso (PE_{AG})⁴:** A razón del agregado grueso usado en la elaboración del concreto. Su unidad de medida es kg/cm^3 . la unidad de medida que se utiliza es kg/cm^3 .

³ ACI: American Concrete Institute

⁴ ACI: American Concrete Institute

- **Porcentaje de absorción del agregado grueso (ABS_{AG}):** Es una relación entre el peso del agua que absorbe una establecida cantidad de agregado grueso y el peso que resulte luego al hallarse en estado ya seco. Su unidad de medida es %.
- **Contenido de humedad del agregado grueso (HUM_{AG}):** Viene a ser el cociente que se obtiene al fraccionar el peso del agua que se usa en el momento del vaciado dentro del agregado grueso, con respecto del peso de la misma cantidad de agregado ya en estado seco. Su unidad de medida es %.
- **Peso específico seco del agregado fino (PE_{AF}):** Se refiere a el peso del agregado fino que usamos en la producción de un concreto, su unidad de medida es kg/cm^3 .
- **Peso unitario compactado del agregado fino (PUC_{AF}):** Se refiere a una correspondencia que hay entre la masa de un grupo de partículas compactadas a usar, e el volumen total que logra ocupar, su unidad de medida es kg/cm^3 .
- **Peso unitario suelto del agregado fino (PUS_{AF}):** Viene a ser la relación que existe de la masa de un conjunto de partículas sueltas del agregado fino a usar, y el volumen total logre ocupar, la unidad de medida que se utiliza es kg/cm^3 .
- **Porcentaje de absorción del agregado fino (ABS_{AF})⁵:** Se denota claramente con respecto al agregado fino, la unidad de medida que se utiliza es %.
- **Contenido de humedad del agregado fino (HUM_{AF}):** Se denota claramente con respecto al agregado fino, su unidad de medida es %.
- **Módulo de fineza del agregado fino:** Podemos entender que es el valor con el cual podemos medir la fineza del agregado, en este caso el fino, y es obligatorio saber que si obtenemos valores bajos simboliza que el material que estemos usando es mucho más fino. Viene a ser adimensional ya que no cuenta con unidad de medida.

⁵ ACI: American Concrete Institute

- **Tipo de estructura:** Teniendo en cuenta siempre el tipo de construcción y la estructura que se vaciará se calcula el asentamiento necesario.

1.3.1.15.6. CONSIDERACIONES PARA DISEÑAR UN CONCRETO DE ALTA RESITENCIA

Según (National Ready Mixed Concrete Association), Para poder diseñar un buen concreto, debemos tener en cuenta la selección de materiales que podamos obtener en nuestra localidad. Tienen que consentir que la trabajabilidad depende de un buen estado plástico y a la vez se busca tener un buen acabado, así mismo que pueda desarrollarse una buena resistencia y que además las propiedades del concreto especifique lo que el diseñador buscaba en gabinete. Existen conceptos importantes de conocer y son los siguientes:

Primero, nuestros agregados deben de ser resistente, también durables, no necesariamente ser duros o de alta resistencia, eso sí, es vital que sean compatibles, en lo que refiere a rigidez tiene que formar una buena pasta con el cemento. También debemos saber que los agregados gruesos en menor tamaño posible son óptimos para lograr mejores concretos de alta resistencia.

Segundo, Los concretos de alta resistencia poseen que tener un mejor adjunto de materiales cementantes estos logran aumentar la hidratación debido al calor, y que a ciencia cierta producen una mejor contracción o llamada también contracción por secado, por lo tanto crea un mayor potencial al agrietamiento. Del mismo modo la mayoría de diseños llevan cenizas volante, cenizas de alto horno molido, micro sílice, nano sílice, materiales puzolánicos, o metacaolín de forma natural para nuestro concreto.

Tercero, el concreto de mayor firmeza exige casi siempre tener una disminución en la relación de agua y cemento A/C, esta correspondencia debería de estar entre el rango de 0.23 a 0.35. Estas mínimas relaciones la logramos aumentando la cantidad de aditivos reductores de agua de alto rango y/o superplastificantes, y ocasionalmente también se puede usar un aditivo tipo A como reductor de agua.

Y por último incorporar aire a este tipo de concreto nos ocasionaría una notable baja con respecto a la resistencia que se solicita, convirtiéndose en el peor enemigo de nuestro objetivo al momento de hacer un concreto de alta resistencia.

Procedimiento Experimental: La obtención de concretos de alta resistencia, empleando Cemento Portland Tipo I se inició con el diseño de un concreto patrón, el cual sirvió de base para la obtención de concretos de alta resistencia. Se consideró para ello un estudio de las propiedades de los diferentes materiales a ser utilizados. Los agregados finos y gruesos deben ser ensayados a nivel de laboratorio para conocer sus propiedades, en tanto que las propiedades del cemento, del aditivo superplastificante y el microsílíce serán proveídas por los fabricantes.

Fuente de Agregados: Se selecciona las canteras dentro de la ciudad, como las proveedoras de los agregados; luego, para probar que usando agregados propios de la zona, y que, mediante una dosificación de aditivo de 2% sea factible obtener concretos con resistencias mayores a 280 kg/cm²; se seguirá el siguiente proceso:

- Se identificará las canteras para la extracción de agregados, es decir las canteras de piedra y arena.
- Se caracterizará las piedras y arenas en términos de agregados gruesos y finos, de acuerdo a las siguientes propiedades: Peso unitario suelto, peso unitario compactado, peso específico, porcentaje de absorción, contenido de humedad y módulo de finura.

Normas a utilizar: En forma general, la Norma NTP y la Norma ASTM. Para los ensayos que se realizaron en el diseño de concretos de alta resistencia, las normas específicas fueron:

- Peso unitario de los agregados fino y grueso utilizando según la Normas Técnicas Peruanas NTP 400.017.
- Pesos específicos para el agregado fino y grueso que serán utilizados en la investigación según la NTP 400.022.
- Contenido de humedad se determinara para cada diseño de mezcla según la NTP 400.016.
- Granulometría de los agregados según la NTP 400.037.
- Módulo de finura de los agregados según la NTP 400.018.
- Asentamiento de las mezclas de concreto según la NTP 339.035.
- Resistencia a la compresión del concreto endurecido a la edad de 3 días.
- Resistencia a la compresión del concreto endurecido a la edad de 7 días.
- Resistencia a la compresión del concreto endurecido a la edad de 14 días.
- Resistencia a la compresión del concreto endurecido a la edad de 28 días.

Agregados: Los agregados utilizados en la investigación constituyen en promedio 65% del

volumen total de la mezcla de concreto y muchas de las propiedades principalmente mecánicas dependen directamente de los agregados, es decir, de sus propiedades físicas y químicas. El agregado fino y el agregado grueso provinieron de la cantera «Orión».

Por otro lado, es de destacar que la determinación de las propiedades físicas de los agregados resulta siendo muy importante, en razón de que permite conocer el comportamiento del concreto elaborado con dichos agregados, además de tener en cuenta un control de calidad estricto tanto en la cantera como en el laboratorio, ya que el concreto de alta resistencia es altamente susceptible de los cambios en su constitución. En concordancia con lo acabado de citar se tuvo en cuenta que, los ensayos para determinar las propiedades físicas de los agregados se realizaran para tres muestras (M-1, M-2 y M-3) de agregado fino y grueso respectivamente, tomándose los valores promedios de las tres muestras como representativos. La metodología utilizada para determinar las propiedades físicas de los agregados estuvo de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas vigentes y las Normas ASTM.

Se debe de tener en cuenta los agregados a utilizar y con ello sub puntos, tales como:

Peso unitario del agregado De acuerdo al tipo de consolidación hay dos tipos de peso unitario: suelto y compactado. Los pesos unitarios para el agregado fino y grueso utilizados fueron determinados según la **NTP 400.017**.

Peso específico, ya que el agregado adquiere importancia cuando los valores elevados corresponden a un mejor material y no se comportan de forma absorbente o débil. Los pesos específicos para el agregado fino y grueso serán determinados según la **NTP 400.022**.

El contenido de humedad en los agregados, es regulado por la cantidad de agua retenida por las partículas,, esta propiedad varía en función del tiempo y condiciones ambientales, según la **NTP 400.016**.

La Granulometría de los agregados, es la distribución de los tamaños del agregado y está relacionada con las características de manejabilidad del concreto en estado fresco, la demanda de agua, la compactidad y la resistencia mecánica del concreto en estado endurecido. Los límites granulométricos que recomienda la **NTP 400.037**.

1.3.1.15.7. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

DISEÑO DE MEZCLA: ACI 211.4R-93, Para el diseño de mezcla se usó la “Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash⁹”. En dicha guía se presenta un método general para la selección de las proporciones de los insumos del concreto de alta resistencia, sobre la base de lotes de prueba. El método está limitado al concreto de alta resistencia que se produce con materiales y técnicas convencionales.

A partir de la guía citada, y convirtiendo las unidades inglesas a las usadas en nuestro medio, se planteó la siguiente metodología para realizar el diseño de mezcla del concreto de alta resistencia, utilizado en la presente investigación.

1.3.1.15.8. ADITIVOS A USAR SIKAPLAST ® - 700 PE

Aditivo Superplastificante, los aditivos reductores de agua de alto rango reciben este nombre porque permiten una reducción en la cantidad de agua de la mezcla. Para los aditivos reductores de agua llamados de tipo normal, la cantidad de agua que se puede quitar de la mezcla varía entre 5 y 15 %, pero para los superplastificantes esto puede llegar hasta 30%. Estos aditivos están formulados usualmente a base de ácidos lignosulfónicos y sus sales, ácidos hidroxil-carboxílicos y sus sales, así como carbohidratos procesados; son estas sustancias las que provocan la dispersión de las partículas del cemento que están agrupadas en flóculos (grumos) que comúnmente ocurren en una mezcla sin aditivo.

En la presente tesis se utilizará el aditivo: SikaPlast ® - 700 PE, que es un súper plastificante que utiliza la tecnología del Sika Viscocrete en base a policarboxilatos, que no contiene cloruros y a la vez cumple normas como ASTM C494 Tipo F y ASTM C1017 Tipo I.

Es un aditivo que se viene usando en plantas de premezclado por ahora, y muy poco para venta al público debido a su poco conocimiento, viene a ser básicamente un concreto reductor de agua, e ideal para concretos normales, pero con poca información en cuanto a nuestro tema. En cuanto al aspecto es como la mayoría de aditivos, de un color marrón oscuro, en presentaciones de cilindros de 200 litros. Su densidad es 1.08 kg/L en promedio, cumple con una dosis de 0.3 al 2% del peso del cemento. Como recomendación del producto encontramos que se tiene que tener en cuenta una buena distribución granulométrica de agregados, una buena contención de finos, evitar la pérdida de pasta de cemento, las dosis se deben primero ensayar en laboratorio que es lo que se hará en el presente trabajo, y que cuando sea complicado el bombeo o trabajabilidad debido al lugar donde se descargue el concreto se puede utilizar un aditivo dosificador como SikaAer entre 0.015 y 0.12% del peso del cemento.

1.3.1.16. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN EL CONCRETO

1.3.1.16.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(Osorio, 2017), en su artículo indica que la resistencia a la compresión: “Es la característica mecánica principal del concreto y se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm^2 , Mpa y con alguna frecuencia en Psi.”

El autor explica que la existencia a la compresión se puntualiza como a capacidad de aguantar una fuerza sobre un área específica.

La resistencia siempre es directamente relacionada a su densidad, en términos generales se constituye que concretos más densos desarrollan una mayor fuerza a la compresión.

Cabe resaltar también que la relación entre densidad y resistencia no son los únicos encargados de dar la resistencia al concreto, existen factores como:

- **Relación agua-cemento:**

(Terrerros, 2006 págs. 123-126), nos menciona que “mientras la relación agua/cemento sea menor, se obtendrán mejores resistencias, sin embargo cuando se trabajan con agregados livianos es muy difícil calcular este factor, debido a que estos agregados poseen mucha porosidad”.

El autor citado señala que la correspondencia del agua y cemento, a la resistencia son inversamente proporcionales y es por eso que dicha relación interviene mucho en el diseño de mezcla que realicemos, dependiendo al tipo de estructura que será destinará.

- **Granulometría del agregado:**

Por lo general la dimensión máximo nominal de los agregados livianos estructurales con mayor uso en el mundo es de 8 mm, Se considera que el tamaño máximo de los agregados livianos naturales sea 20 mm, porque a mayores dimensiones, se tiene mayor

superficie específica y esto podría ocasionar una reducción considerable en la resistencia del concreto liviano por lo que requieren menor apariencia de pasta de cemento. (Martínez, 2010 pág. 73)

- **Curado del concreto**

Es importante la hidratación con agua en el concreto liviano mediante el curado, sin embargo el incremento de la resistencia es menos afectado por un pobre curado, debido a que la estructura porosa de los agregados ligeros absorben agua y por lo tanto se mantiene hidratado el concreto contribuyendo al curado interno. (Neville, 1998 pág. 66)

En recurrencia al autor, el proceso de curado es uno de los más importantes para alcanzar adecuados resultados en los concretos al momento de realizar los ensayos de compresión posteriores, es necesario indicar que se controla sobre todo en los primeros 7 días y si es posible ejecutarlo en cámaras de curado especiales de laboratorios, regulando la temperatura y humedad del ambiente para que sea el óptimo, sin manipularlos innecesariamente o excediéndose.

1.3.1.16.2. ENSAYO A LA COMPRESIÓN

El ensayo de compresión se realiza en laboratorios de mecánica de materiales y es la forma práctica y tradicional de evaluar la resistencia y uniformidad del concreto. Para lograr resultados adecuados el procedimiento es el siguiente, según lo establecido en la NTP 339.034⁶:

- El ensayo se realizará en las probetas cilíndricas o también llamados testigos, se retira en estado húmedo tan pronto como sea práctico.
- Se ubica de inmediato encima de la máquina, luego el bloque de rotura de arriba, se instala directamente. Posteriormente tendremos que limpiar las caras del empalme de ambos lados, arriba y abajo, pero así mismo también las probetas para el ensayo, luego de ello colocamos el testigo sobre el bloque inferior de la máquina, teniendo siempre en cuenta colocar en ambos lados con almohadillas y base de neopreno. Colocar también el testigo

⁶ Norma Técnica Peruana: Resistencia a compresión.

respetado la excentricidad es muy importante, ya que debemos alinear los ejes del testigo con el eje de los bloques de rotura.

- Se aplica una velocidad de carga continua y sin detenerse para que la probeta sufra rotura.
- El esfuerzo será constante debido a que la celeridad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta será de $0,25 \pm 0,05$ Mpa/s para obtener mejor lectura.
- Finalmente se anotan los datos obtenidos y se computa la resistencia a la compresión en gabinete, usando fórmulas.



Imagen1: Ensayo de compresión del concreto.⁷

1.3.1.16.3. ASENTAMIENTO

El asentamiento es una propiedad del concreto fresco referida a la facilidad que posee para ser moldeado, manejado, transportado, colocado, compactado y terminado sin que se pierda su homogeneidad. Un método indirecto para hallar el asentamiento es por

⁷ Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería.

medio del cono de Abrams, el cual es muy útil para determinar la consistencia o fluidez de la mezcla. (Rivera, 1998).

El autor indica que el asentamiento ayuda a establecer la consistencia y fluidez del concreto, ya que esto tendrá mucho que ver en su facilidad para adaptarse al encofrado que lo contendrá dejándolo mínimo de vacíos para evitar las conocidas cangrejas. Para medir este dato, uno de los métodos es el cono de Abrams, en donde por medio de un molde cónico llenado en tres capas y siguiendo con lo determinado en la NTP 339.035⁸ o la ASTM C143⁹, se calcula el asentamiento o también denominado Slump al medir la distancia que la mezcla desciende al retirar dicho molde. (ver imagen 2)

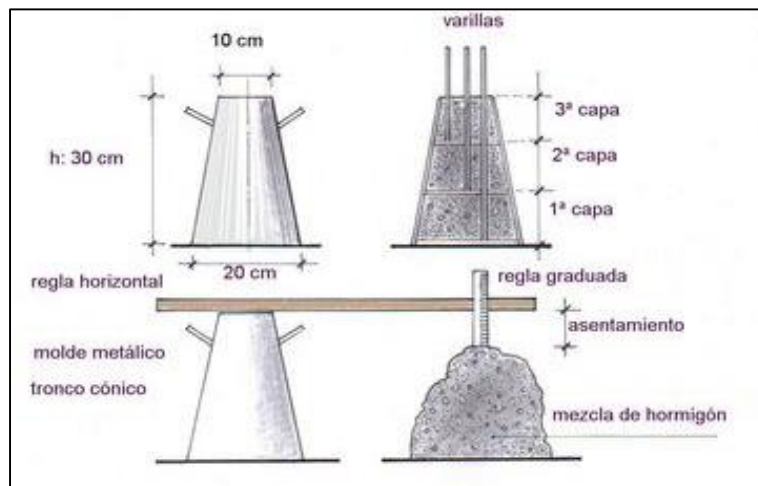


Imagen 2: Cálculo del asentamiento (slump) por medio del cono de Abrams.¹⁰

Según la altura que tenga la pasta de concreto fresco luego de desmoldarla del cono de Abrams se le puede clasificar de la siguiente forma, de acuerdo a la diferencia de altura del concreto caído y la altura del cono:

0" – 2"	Seco
3" – 4"	Normal
4" – 6"	Plástico

⁸ Norma Técnica Peruana: Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland

⁹ American Society for Testing and Materials : Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico

¹⁰ Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería.

Mayor a 6” Superplastificado

1.3.1.17. DEFINICIONES PRINCIPALES

Es de importancia mía y de quien este leyendo esta investigación, conocer ciertas definiciones que usare en el presente trabajo con respecto a un concreto de alta resistencia:

- **Aditivo**: Este viene a ser un material distinto del cemento, diferente también a los agregados o el agua usada en la mezcla, ya que con ellos buscamos cambiar unas o muchas de sus características, sin olvidar que esto tiene relación directa en reducir o aumentar su dureza o su capacidad contra los esfuerzos. De no usarse adecuadamente, tiene en muchas ocasiones resultados contradictorios, es por ello que es óptimo tener personal capacitado para estas diligencias.
- **Agregados**: Es el material que ocupa gran parte de la consistencia de un concreto, ya que en combinación con el agua y cemento constituyen la mezcla; estos agregados pueden ser de origen natural o artificial.
- **Concreto**: Viene a ser la mezcla de cemento, agua, agregado fino y grueso. Según la NTP 339.027 la resistencia mínima de compresión ya a los 28 días será de 35 MPa, es decir 357 kg/cm². La presente investigación está destinada, entre otros, a llegar a dicha resistencia por medio de un concreto ligero (usando como agregado la roca volcánica) que se encuentre dentro del rango estructural.

1.3.1.18. CURADO DE CONCRETO

Después de realizar un vaciado se ejecuta el curado del concreto de forma continua, este es un tratamiento controlado con el propósito de evitar la evaporación de agua de una manera rápida y descontrolada, ya que con esto podemos evitar aparición de grietas en la superficie del mencionado concreto.

Existen diversas formas de curado, a continuación se detallan las principales:

Curado usando selladores: Se cubre la superficie exterior del poste con un compuesto

plástico, que no permite la rápida evaporación del agua de fraguado.

Curado por aspersión: Luego se mantiene húmedo la superficie mediante riego hasta que alcance su fraguado.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo diseño un concreto de alta resistencia utilizando cemento, agregados, agua y aditivos locales, que pueda superar una resistencia de concreto de 600 kg/cm² y que sea fácil de elaborarlo en mi localidad?

1.4.2 FORMULACIÓN DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿El efecto de Trabajabilidad que obtengo de mi mezcla es óptimo para utilizarlo el diseño en edificios de gran altura?
- ¿Cuáles son los resultados a la compresión de mi diseño de concreto de alta resistencia para edificios de gran altura?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente estudio se justifica teóricamente aduciendo que como bien se sabe el concreto de alta resistencia otorgan características adicionales cuando se compara a un concreto convencional. La investigación que presento está gobernada en la presentación de un concreto que pueda superar los 600 kg/cm², y que a la vez sea fácil de elaborarse en nuestra localidad. La única razón que juega en contra es un aumento de costo en materiales y aditivos al realizar este tipo de concreto, sin embargo, debido a un correcto diseño de mezclas y también a una buena dosificación, éstos nos pueden dar bastantes beneficios en otros sentidos, haciendo regularmente factible la investigación propuesta, ya que al elaborarlo obtenemos beneficios como¹¹:

¹¹ Fuente: www.unicon.com.pe

- Mayor rendimiento en ejecución de obras.
- Permite rotar los encofrados con mayor rapidez
- Lograr resistencias requeridas, antes de lo esperado.
- Se pueden diseñar menores secciones estructurales como vigas o columnas, etc.
- Se logra una baja demanda de acero en estructuras columnas o vigas.
- Aumenta una mejoría con respecto a la cobertura con el acero, protegiéndola de la corrosión.
- El elemento estructural que tenga este tipo de concreto obtiene cierto beneficio económico en la cantidad de acero a utilizar.
- Al tener una gran fluidez consiente su colocación aún en lugares congestionados de acero estructural, tales como placas u otras estructuras esbeltas.
- Puedo plantear estructuras versátiles, con mayor altura de pisos
- Disminución de cargas en cimentaciones, mejorando enormemente la relación de un área de terreno y la superficie útil.

Ésta presente investigación es viable debido a que si encuentro un adecuado diseño y dosificación para el concreto de alta resistencia obtendremos muchos de los efectos positivos que ya he expresado, y no solo eso, sino que daré un gran aporte en cuanto a dar conocimiento de un diseño de concreto fácil de realizar en nuestra localidad, con la mayor practicidad posible al encontrar los insumos de manera fácil.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

Si se diseña un concreto de alta resistencia, entonces se mejoran las propiedades mecánicas del concreto para edificios a gran altura, a su vez publicándolo logramos el beneficio a ser de fácil obtención en nuestra localidad.

1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- El diseño de concreto de alta resistencia planteado cumple de manera óptima con la Trabajabilidad de la mezcla resultante

- El diseño de mezcla de concreto de alta resistencia planteado supera una resistencia a la compresión de 600 kg/cm².

1.7. OBJETIVOS

Respecto a la investigación que se programa y habiéndose establecido la formulación de los problemas de la investigación a los que se acomete dar respuesta, se procede a exponer los objetivos, creyendo como los propósitos y metas, que se pretende adquirir de la investigación que se formula a desarrollar.

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un concreto de alta resistencia de fácil elaboración en nuestra localidad para que sea óptimo al utilizarlo en edificios a gran altura.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular un diseño de mezcla de concreto de alta resistencia que pueda superar una resistencia a la compresión de 600 kg/cm².
- Analizar que el concreto de alta resistencia planteado mejore la trabajabilidad de la mezcla resultante mediante el uso de aditivos.

II. MÉTODO

2.1. METODO DE INVESTIGACIÓN

(Lara, 2013), en su investigación señala que: “El método científico se refiere al conjunto de procedimientos que, valiéndose de los instrumentos o las técnicas necesarias, examina y soluciona un problema o conjunto de problemas de investigación”.

El hombre de ciencia dedica su vida a esa búsqueda, hasta alcanzar la mayor verosimilitud en los hechos. Él realiza cuidadosas investigaciones y plantea sus experimentos utilizando el método científico; es decir, medita de una manera razonada y aplica una forma inductiva o deductiva para contestar a los problemas que plantea el investigador. (Valderrama Mendoza, 2015)

De acuerdo a lo indicado por la cita anterior y los respetados autores, debo elegir el **método científico** ya que podremos analizar y solucionar un problema de investigación usando procedimientos e instrumentos de carácter científico.

2.1.1. TIPO

De acuerdo con Borja (2010:p.20), las investigaciones científicas, de acuerdo a la finalidad que persiguen, se clasifican en, Investigaciones básicas o puras, investigaciones aplicadas, e investigaciones tecnológicas.

Dentro de los tipos de investigaciones mencionados, es importante mencionar que una investigación aplicada es aquella en la que, se busca resolver un problema práctico de alguna disciplina, como los acontecidos en la práctica de la ingeniería civil (Borja, 2010:p.20), las ideas mencionadas resultan compatibles con lo mencionado por Martínez (2012:p.30), ya que según este, la investigación aplicada es aquella en la que se proponen métodos y técnicas orientadas a la resolución de un problema específico, agregado este último que debido a la naturaleza de las investigaciones realizadas, las conclusiones obtenidas son un aplicación limitada y no se pueden generalizar.

La investigación propuesta tiene como finalidad la mejora del comportamiento mecánico del concreto en cuanto a compresión, mediante la aplicación de superplastificantes comerciales, es decir, la investigación propuesta tiene como objetivo, resolver uno de los problemas típicos del concreto, en este caso la baja resistencia de los concretos convencionales ante

esfuerzos de comprensión, por tanto debido a sus características, y los conceptos planteados anteriormente, la investigación se clasifica dentro de la **investigación aplicada**.

2.1.2. NIVEL

La investigación de nivel explicativo no solamente se dedica a describir situaciones, fenómenos, propiedades, relaciones causa-efecto como sí la hace la de nivel descriptivo, sino que al mismo tiempo los analiza y explica o ensaya explicar las causas de los temas que se investigan y sus relaciones. (Salinas, 2013 pág. 45).

De acuerdo y en mención a nuestro citado autor anterior, el tipo de nivel de este proyecto de investigación será **Explicativo**, debido a que hacemos investigaciones para desarrollar una explicación adecuada, así mismo poder luego comparar las dos variables que propuse, por una parte el “Diseño de concreto de alta resistencia”, adicionado superplastificante como variable independiente y la producción de este diseño de concreto para, “Edificios a Gran Altura” en el Perú como la variable dependiente.

2.1.3. DISEÑO

El objetivo del investigador consiste en utilizar diseños que ofrezcan un control experimental absoluto mediante procedimientos de aleatorización, teniendo en cuenta ciertas variables, tales como: nivel socioeconómico, rendimiento intelectual, amicalidad, puntualidad, nivel cultural, etc. A estos diseños se les llama causiexperimentales, cuando no es factible emplear el diseño experimental verdadero. Los diseños causiexperimentales también manipulan deliberadamente al menos una variable independiente para ver su efecto y relación con una o más variables dependientes: solamente difieren de los experimentos “verdaderos” en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia de los grupos. (Valderrama Mendoza, 2015)

De acuerdo con la definición anterior, podemos decir que el trabajo propuesto es una **investigación cuasi-experimental**, puesto que dentro del diseño propuesto, se pretende manipular el concreto adicionando aditivos y agregados bajo ciertos regímenes, para superar

una propuesta de $f_c=600 \text{ kg/cm}^2$, con la intención de evaluar el efecto de este agente adicional en la mejora mecánicamente las propiedades, tales como la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad. La manipulación de una variable tendrá incidencia en la segunda y por ello se elige este tipo de diseño.

2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

2.2.1. VARIABLES

- Variable X:

Diseño de mezcla de concreto de alta resistencia.

- Variable Y:

Edificios a gran altura.

2.2.2. OPERACIONALIZACIÓN

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>- ¿Cómo diseño un concreto de alta resistencia utilizando cemento, agregados, agua y aditivos locales, que pueda superar una resistencia de concreto de 600 kg/cm² y que sea fácil de elaborarlo en mi localidad?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>- Diseñar un concreto de alta resistencia de fácil elaboración en nuestra localidad para que sea óptimo al utilizarlo en edificios a gran altura.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL</p> <p>- Si se diseña un concreto de alta resistencia, entonces se mejoran las propiedades mecánicas del concreto para edificios a gran altura, a su vez publicándolo logramos el beneficio a ser de fácil obtención en nuestra localidad.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>- Diseño de mezcla de concreto de alta resistencia.</p>	<p>- Agregados</p> <p>- Agua</p> <p>- Cemento</p> <p>- Aditivos</p>	<p>- Propiedades físicas óptimas.</p> <p>- Fácil ubicación en nuestra localidad.</p>	<p>- Recolección de agregados y caracterización granulométrica de los mismos. ASTM C-136.</p> <p>- Análisis de características físicas del agregado contenido de humedad ASTM C-70.</p> <p>- Análisis de características físicas del agregado Peso unitario suelto ASTM C-29.</p> <p>- Análisis de características físicas del agregado Peso unitario compactado ASTM C-29.</p> <p>- Análisis de características físicas del agregado Peso específico y absorción ASTM C-127.</p> <p>- Cálculos de rendimiento del concreto fresco.</p> <p>- Ensayo de resistencia a la compresión NTP 339.034.</p> <p>- Cálculo de módulo de elasticidad con ASTM C469-02</p> <p>- Diseño de mezclas en Excel del concreto de alta resistencia ACI 211 4R-93.</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>- ¿El efecto de Trabajabilidad que obtengo de mi mezcla es óptimo para utilizarlo el diseño en edificios de gran altura?</p> <p>- ¿Cuáles son los resultados a la compresión de mi diseño de concreto de alta resistencia para edificios de gran altura?</p>	<p>OBJETIVO ESPECÍFICO</p> <p>- Calcular un diseño de mezcla de concreto de alta resistencia que pueda superar una resistencia a la compresión de 600 kg/cm².</p> <p>- Analizar que el concreto de alta resistencia planteado mejore la trabajabilidad de la mezcla resultante mediante el uso de aditivos.</p>	<p>HIPOTESIS ESPECÍFICO</p> <p>- El diseño de concreto de alta resistencia planteado cumple de manera óptima con la Trabajabilidad de la mezcla resultante.</p> <p>- El diseño de mezcla de concreto de alta resistencia planteado supera una resistencia a la compresión de 600 kg/cm².</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>- Edificios a gran altura.</p>	<p>- Elementos de concreto armado de alta resistencia.</p> <p>- Costo del concreto.</p>	<p>- Características geométricas</p> <p>- Esbeltez</p> <p>- Ligereza</p> <p>- Costo y presupuesto del diseño resultante en un metro cúbico, referencia CAPECO.</p>	<p>- Análisis de características físicas del agregado Peso específico y absorción ASTM C-127.</p> <p>- Cálculos de rendimiento del concreto fresco.</p> <p>- Ensayo de resistencia a la compresión NTP 339.034.</p> <p>- Cálculo de módulo de elasticidad con ASTM C469-02</p> <p>- Diseño de mezclas en Excel del concreto de alta resistencia ACI 211 4R-93.</p>

Tabla 2: Operacionalización de variables.¹²

¹² Fuente: Elaboración propia.

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1 POBLACIÓN

Una vez que se ha definido cuál será la unidad de muestreo/análisis, se procede a delimitar la población que va a ser estudiada y sobre la cual se pretende generalizar los resultados. Así, una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. (Sampieri, 2014 pág. 174)

Entonces según cita el autor, comprendo que para desarrollar adecuadamente el presente proyecto de investigación, la población será integrada por los testigos de concreto cilíndricos endurecidos elaborados en el laboratorio de concreto de la Universidad Cesar Vallejo Lima Norte, de acuerdo a los diferentes diseños planteados de esta investigación.

2.3.2 MUESTRA

(Sampieri, 2014 pág. 173), en su investigación afirma que: “La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población”.

De acuerdo a la cita anterior puedo explicar que la muestra es un sub grupo pequeño de la población con las cuales trabajaré para obtener datos experimentales, pero esta muestra debe ser colindada y definida con más precisión que la población. Para lograr una buena representación se hizo un aproximado de catorce testigos de concreto por cada diseño, al tener tres diseños teníamos una población bastante rica para elegir una muestra con las mejores representaciones, es por ello que nuestra muestra serían la elección de 30 testigos de concreto cilíndricos endurecidos de 20 x 10 cm, elaborados acorde a los tres diseños propuestos y realizados en el laboratorio de concreto de ingeniería civil de la universidad Cesar Vallejo - Lima Norte, (ver tabla 4).

ENSAYO DE COMPRESIÓN - (Número de probetas)				
Muestra	3 días	7 días	14 días	28 días
Diseño 1	2	2	2	2
Diseño 2	2	2	2	2
Diseño 3	2	2	2	2

Tabla 3: Pronósticos de ensayos a compresión.¹³

MÓDULO DE ELASTICIDAD - (Número de probetas)	
Muestra	28 días
Diseño 1	2
Diseño 2	2
Diseño 3	2

Tabla 4: Pronostico de ensayos de módulos de elasticidad.¹⁴

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ CONFIABILIDAD.

2.4.1 TÉCNICAS

De acuerdo con nuestro problema de estudio e hipótesis [...], la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos o variables de las unidades de análisis o casos, esto implica elaborar un plan detallado del procedimiento que nos conduzca a reunir datos con un propósito en específico. (Valderrama Mendoza, 2015 pág. 194)

Mi proyecto de investigación usará diversas técnicas, estas me permitirán que mis resultados

¹³ Fuente: Elaboración propia.

¹⁴ Fuente: Elaboración propia.

sean llevados de mejor forma para obtener resultados concisos y confiables, a continuación expongo las técnicas que usaré:

- Observación directa a fin de conocer los resultados más confiables respecto a la realidad física de muestras, mezclas y mi resultado final.
- Estudiar documentación para obtener los antecedentes y la información teórica necesaria.
- Diseño de mezclas mediante una hoja de cálculo
- Elaboración de probetas de concreto
- Ensayos de características mecánicas para las probetas de concreto.
- Análisis de costos y beneficios.

De acuerdo con (Sampieri, 2014), las técnicas son mecanismos, recursos y medios dirigidos a la recolección, conservación y transmisión de los datos obtenidos durante el proceso de la investigación científica. De manera más específica podemos decir que las técnicas están referidas al cómo se obtendrá la información, mientras que los instrumentos estarían representados por el medio físico requerido para la obtención de estos datos.

Por lo tanto este proyecto de investigación usará la **técnica de Observación experimental**, debido a que mediante este tipo se podrá analizar mejor la conducta de la mezcla desde los materiales, el concreto en estado fresco y por último estado endurecido del concreto, al cual paralelamente al endurecimiento se le hará un respectivo curado de concreto, obteniéndose en todo la experimentación 30 probetas cilíndricas, las que se someterán a rotura y elasticidad para obtener datos a procesar en mis conclusiones. (ver tabla 5)

ETAPA	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Diseño de mezclas de concreto	Resistencia a la compresión	Método del Comité ACI 211
Fabricación de las muestras cilíndricas	Elaboración manual	Método normas NTP 339.04:1977
Curado de las muestras cilíndricas	Curado en agua	Método normas NTP 339.04:1977
Ensayo de resistencia a la compresión	Ensayo en maquina universal	Método normas NTP 339.034 2008
Ensayo de Módulo de elasticidad	Ensayo en maquina universal	Método normas ASTM C469

Tabla 5: Proceso de trabajos.¹⁵

2.4.2 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Los instrumentos de recolección de datos o información en una investigación se refieren a los cuestionarios, planillas, escalas, modelos o cualquier otra forma de recabar la información necesaria para obtener los resultados que conduzcan a lograr los objetivos propuestos. (Salinas, 2013)

De acuerdo a lo mencionado por la cita, nuestros instrumentos de medición serán, las diferentes formas de recolección de datos e información, tales como:

- Recolección de agregados y caracterización granulométrica de los mismos. ASTM C-136.
- Análisis de características físicas del agregado contenido de humedad ASTM C-70.
- Análisis de características físicas del agregado Peso unitario suelto ASTM C-29.
- Análisis de características físicas del agregado Peso unitario compactado ASTM C-29.
- Análisis de características físicas del agregado Peso específico y absorción ASTM C-127.
- Cálculos de rendimiento del concreto fresco.
- Ensayo de resistencia a la compresión NTP 339.034.

¹⁵ Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de módulo de elasticidad con ASTM C469-02
- Diseño de mezclas en Excel del concreto de alta resistencia ACI 211 4R-93.

2.4.3 VALIDEZ

Ernández et. Al (2010) “se conoce como validez de un instrumento de recolección de datos a las características que refieren la capacidad de dicho instrumento para cuantificar de manera proporcional y adecuada las características de los sujetos que son el propósito de estudio”. (p. 193)

Es entonces oportuno señalar que la validez se refiere a formatos que prueban estar diseñados para evaluar y recolectar lo que se supone que se mida en cada instrumento, esta prueba tiene que ser confiable, por ello antes es necesario demostrar su validez con un juicio de expertos. En el caso de nuestra investigación se mide de forma cuantitativa, debido a que los ensayos de laboratorio que se harán emiten datos numéricos con diferentes unidades que fueron recogidos mediante instrumentos de medición. Así mismo necesitamos que los datos recolectados sean confiables para la investigación, por ello es que la validez de estos instrumentos de medición son formatos certificados por tres profesionales ingenieros civiles especializados y con sello con el código CIP en los formatos ubicados en el siguiente anexo. (Ver anexo 4 – Validación de formatos). Del mismo modo es necesario especificar que las pruebas de laboratorio ya concluidas, están emitidas y validadas por un ingeniero especialista de la materia, firmada y aprobada por el jefe de laboratorio respectivo.

2.4.4 CONFIABILIDAD

De acuerdo con Hernández et, al (2010, p.195) en cuanto a la confiabilidad señala que “es el grado en la que el instrumento facilita los resultados en las que son más conscientes coherentes. Por lo tanto, la utilización de este instrumento de manera repetida otorga resultados que la mayoría de veces no son las mismas”.

Debido a ello podemos decir que nuestra confiabilidad está enlazada con las máquinas en las que se realizaron los ensayos correspondientes, es oportuno recalcar que la máquina necesita estar calibrada, la calibración de las máquinas se realiza cada un cierto tiempo gestionado por el técnico especialista, una vez la máquina calibrada se podrá certificar que los resultados son verídicos, sin lugar a errores considerables, por lo cual nuestro proyecto tiene

garantizada la confiabilidad. (Ver Anexo 6 – Resultados y fichas de calibración).

2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

(Hernandez, 2014), en su investigación señala que: “Para analizar los datos en los métodos mixtos, el investigador confía en los métodos estandarizados cuantitativos y cualitativos, además de análisis combinados”.

De acuerdo a lo mencionado en la cita anterior, podemos legitimar que esta investigación tiene un sentido cuantitativo, ya que se procederá a procesar los datos numéricos que resulten de los ensayos de compresión y módulo de elasticidad que sugerimos para analizar nuestros resultados:

- Una vez elegido los agregados a trabajar, se tendrá que caracterizar y para esto se llevará al laboratorio de materiales donde realizaremos ensayos de granulometría, peso unitario compactado, humedad, Peso específico, Peso unitario suelto, Absorción, los cuales nos servirán como base para el diseño de mezclas a realizarse.
- En gabinete se realiza un diseño de mezclas usando los resultados del ítem anterior, buscando llegar al objetivo de superar una resistencia de 600kg/cm² las cargas de compresión establecidas por la NTP 339.027¹⁶.
- En laboratorio de materiales se fabrican las probetas realizando el vaciado respetando la dosificación calculado en gabinete anteriormente, en total se tendrán 30 probetas, las cuales son curadas para posteriormente ejecutar los ensayos de compresión y módulo de elasticidad.
- En laboratorio de materiales se hacen los ensayos de compresión (o de rotura) para determinar si se encuentran dentro y logrando el objetivo planteado de verificar si dicho concreto logra una resistencia a la compresión de 600 kg/cm², superando los 420 kg/cm² que es el mínimo para llamarlo concreto de alta resistencia.
- Luego iniciamos con el cálculo de los pesos saturados, secos y húmedos de las probetas cilíndricas ensayadas anteriormente para hallar en gabinete la densidad de dicho concreto.
- Haciendo uso de cálculos en el programa Excel se calcularán los rendimientos, costos directos e indirectos del concreto, y materiales requeridos en la fabricación de un metro

¹⁶ Norma Técnica Peruana: Postes de hormigón (concreto) armado para líneas aéreas

cubico de concreto de alta resistencia.

2.6 ASPECTOS ÉTICOS

La ética es un conocimiento práctico con una verdad demostrable en un contexto consciente, guiados por los sentimientos, razonamientos e intenciones de cada uno. No se puede ser preciso debido a que cada individuo es poseedor de sus propias convicciones éticas y tomamos nuestras propias decisiones o elecciones que no están predeterminadas, las cuales son resueltas por nuestras opciones éticas. (Ansotegui, y otros, 2015 pág. 22).

La investigación presente es propiedad intelectual del autor mencionado en la primera página o carátula, cabe resaltar también que tanto las ideas, imágenes, gráficos, tablas, y otros apuntes de terceros, están debidamente citados de forma adecuada y respetando el crédito a los autores mencionados en cada punto o cita, debido a que tienen mérito por el derecho ganado de propiedad intelectual, por ello se ha hecho uso del sistema ISO 690 para dicho reconocimiento.

III. RESULTADOS

3.1. RECOLECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS

Como primer paso para la experimentación se realizará el análisis de propiedades físicas de los agregados, y para ello comencé con la indagación de canteras dentro de la ciudad que tengan buena referencia en cuanto a la calidad de sus agregados, tanto para agregado fino arena, y agregado grueso piedra. Luego de obtener estas referencias se tomaron muestras de las canteras Trapiche distrito Carabaylo, y cantera Intrain Carapongo, ubicados en Lima Perú.

La muestra de agregados se debe tener cuidado con la segregación de agregado, ya que el muestreo es igual de importante como los ensayos a realizarse después de él; por lo que, la calidad del muestreo garantiza que los ensayos posteriores a él sean lo más cercano a la realidad.

Por lo tanto se identificó la pila del agregado, luego se dividió en tres secciones horizontales, y con la ayuda de una pala se tomó por lo menos 5 muestras distribuidas en las 3 secciones de la pila.

Se debe tener en cuenta que en la sección inferior no deberá ser tan cerca de la base porque esta presenta mayor cantidad de material segregado, también se debe considerar que cada porción deberá ser tomada removiendo la superficie unos 30 cm. Aproximadamente hacia el fondo.

Luego se combina las muestras en un solo contenedor, rotulamos y sellamos para evitar contaminación.

Las tomas de muestras fueron en los siguientes lugares:

Agregado fino:

Cantera Trapiche

Dirección: Av. Tupac Amaru 330 Distrito de Carabayllo.

Coordenadas de ubicación: -11.726460, -76.966558 (ver imagen 3)



Imagen 3: Vista google maps de la cantera Trapiche.¹⁷

Agregado Grueso:

Cantera Intrain

Dirección: Urb. El portillo de Carapongo, Lurigancho Chosica

Coordenadas de ubicación: -11.989503, -76.868223 (ver imagen 4 y 5)



Imagen 4: Vista google maps de la cantera Intrain.¹⁸

¹⁷ Fuente: Elaboración propia.

¹⁸ Fuente: Elaboración propia.



Imagen 5: Recolección de muestra agregado grueso s de la cantera Intrain.¹⁹

3.1.1. CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS

Una vez elegida nuestros agregados se procede a recopilar los datos básicos para iniciar el diseño de mezclas, los ensayos para la caracterización de los agregados se realizaron en el laboratorio de materiales de la UCV, para lo cual se llevó una cantidad aproximada de 30 kg de arena (agregado fino) y 30 kg piedra (agregado grueso) para sus respectivos ensayos.

3.1.2. GRANULOMETRÍA

Se realizó el ensayo granulométrico de los agregados, para esto se siguió con los siguientes procedimientos establecidos por la NTP 400.012²⁰:

¹⁹ Fuente: Elaboración propia.

²⁰ Norma Técnica Peruana de Análisis Granulométrico de Agregados

3.2.1.1. GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO

En primer lugar se elige una muestra del agregado grueso y se desparrama sobre la mesa de trabajo del laboratorio para proceder con el cuarteo y elegir de esta manera una muestra más representativa del material tal y como la encontramos en la naturaleza, tomamos las muestras del cuarteo y las pesamos. (Ver imagen 6).

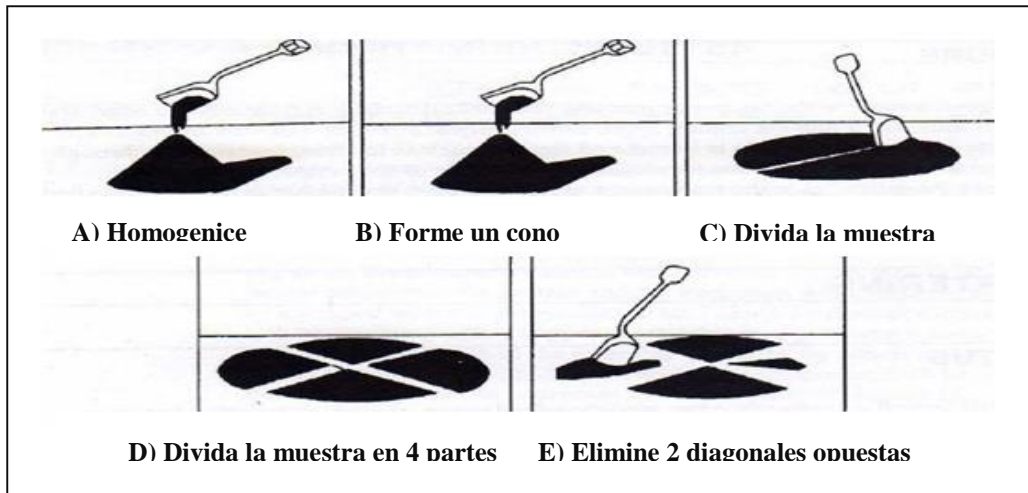


Imagen 6: Cuarteo de material.²¹

- Con dicho material, ya cuarteado, luego de tarar mi recipiente se toma una muestra de 3000 gr, el cual sería mi piedra en estado natural. Y se le envía a un horno con capacidad de mantener la temperatura a 110 ± 5 °C por 24 horas, esto con la necesidad de obtener un peso seco de la muestra. (Ver imagen 7).



Imagen 7: Toma del peso de mi muestra y envío al horno.²²

²¹ Fuente: Elaboración propia

²² Fuente: Elaboración propia.

- Al día siguiente obtuve un material seco de 2934.3 gr, y con ello ya pude realizar mi granulometría. Para lo cual vertí este material sobre el juego de tamices para agregado grueso, y posteriormente se colocó todo sobre un agitador mecánico por el lapso de 5 minutos para que zarandee el material correctamente. (ver tabla 8)



Imagen 8: Colocación de la muestra sobre los tamices y agitador mecánico.²³

- Se recuperó lo que retuvo cada tamiz procurando no perder nada de material y se procedió al pesaje respectivo, se obtuvieron resultados (Ver tabla9)



Imagen 9: Retención por tamices del agregado grueso para su pesaje.²⁴

²³ Fuente: Elaboración propia.

²⁴ Fuente: Elaboración propia.

- En gabinete se procedió con el llenado de la tabla granulométrica, según el Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados ASTM C-136²⁵ y NTP 400.012²⁶. (ver tabla 6) (ver imagen 10)

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	456.9	15.57	15.57	84.43
1/2"	12.50	1306.6	44.53	60.10	39.90
3/8"	9.50	522.0	17.79	77.89	22.11
Nº 4	4.75	547.2	18.65	96.54	3.46
Nº 8	2.36	64.8	2.21	98.75	1.25
Nº 16	1.18	14.7	0.50	99.25	0.75
Nº 30	0.60	0.0	0.00	99.25	0.75
Nº 50	0.30	0.0	0.00	99.25	0.75
Nº 100	0.15	0.0	0.00	99.25	0.75
Nº 200	0.08	0.0	0.00	99.25	0.75
Fondo	0.00	22.0	0.75	100.00	0.00
Total		2934.3	100.000		

Tabla 6: Tabla granulométrica del agregado grueso.²⁷

²⁵ American Society for Testing and Materials: Determinación granulométrica de agregados

²⁶ Norma técnica Peruana

²⁷ Fuente: Elaboración propia.

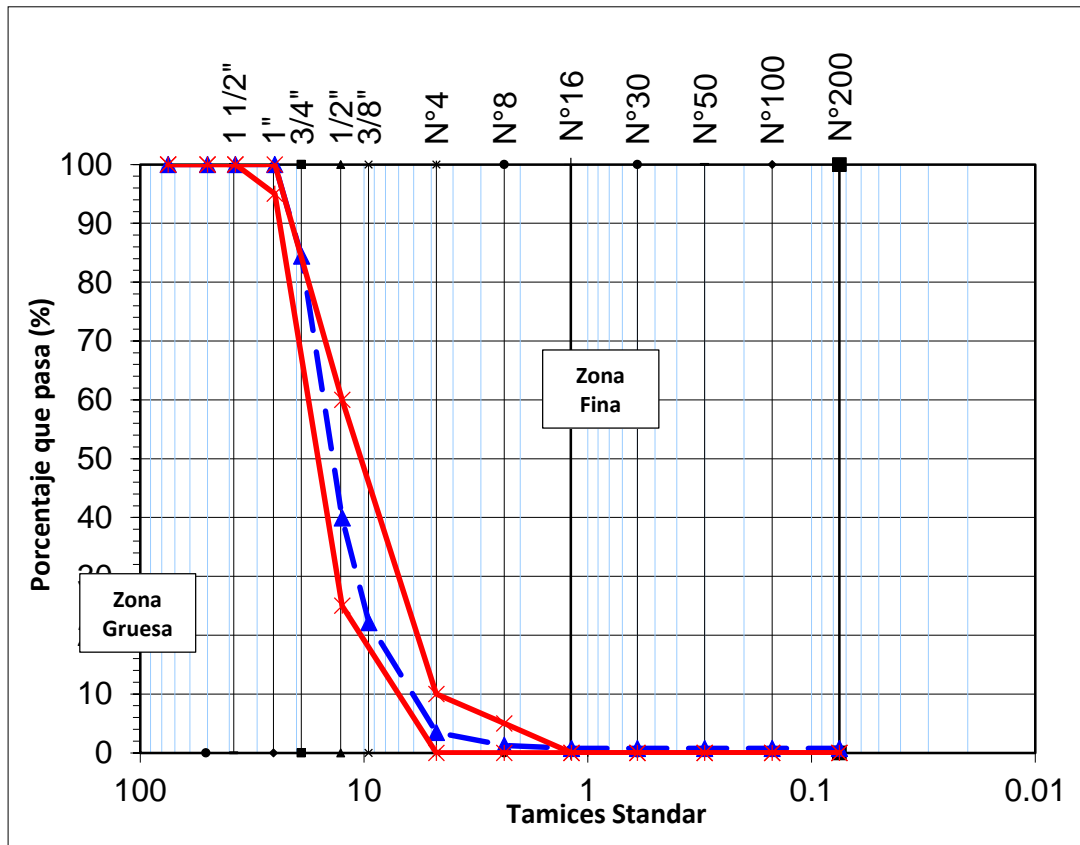


Imagen 10: Curva granulométrica agregado grueso.²⁸

- Finalmente se calcula el módulo de fineza para el agregado grueso, usando la siguiente fórmula:

$$MF = \sum \frac{\%Ret. Acumulado(3", 1 \frac{1}{2}", \frac{3}{4}", \frac{3}{8}", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Ecuación 1: Módulo de Fineza del Agregado Grueso

$$MF = \frac{0 + 0 + 15.57 + 77.89 + 96.54 + 98.75 + 99.25 + 99.25 + 99.25 + 99.25}{100}$$

$$MF_{AG} = 6.86$$

²⁸ Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.2 GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO

- Se elige una muestra del agregado fino a analizar, cabe resaltar que la arena gruesa usada es de una cantera ubicada en el distrito de Carabayllo en Lima. Se cuartea el agregado fino de la misma manera como se hizo con el agregado grueso, se coge 500 gr y se coloca al horno por 24 horas, el cual debe de tener una capacidad de mantener la temperatura a 110 ± 5 °C. (ver imagen 11)



Imagen 11: Muestra de agregado fino y envío al horno.²⁹

- Luego de las 24 horas, obtenemos un material seco idóneo para hacer nuestro ensayo de granulometría y obtener datos. Entonces cogemos el material lo tamizamos como muestra la imagen, posteriormente se procede a zarandearlo por un lapso de 5 minutos en el agitador mecánico. Luego determinamos el peso retenido por cada malla con una aproximación de 0.1 gr.

Allí se determina los porcentajes retenidos, porcentajes retenido acumulado, módulo de fineza y dibujar la curva granulométrica con su respectiva especificación. Tener presente que el módulo de fineza recomendado para agregado fino es $MF = 2.3$ a 3.1 (ver imagen 12)

²⁹ Fuente: Elaboración propia.



Imagen 12: Tamizado del agregado fino en tamices sobre agitador mecánico.³⁰

- Luego del tamizado, se recuperó lo que retuvo cada tamiz evitando perder material, y se pesó lo retenido obteniendo los siguientes resultados: (ver imagen 13)



Imagen 13: Retención de agregado fino por tamices para su pesaje.³¹

- En gabinete se procedió a llenar la tabla granulométrica, según el Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados ASTM C136³² y NTP

³⁰ Fuente: Elaboración propia.

³¹ Fuente: Elaboración propia.

³² American Society for Testing and Materials: Determinación granulométrica de agregados

400.012³³. (ver tabla 7) (ver imagen 14)

Y los resultados de la granulometría del Agregado Fino fueron los siguientes:

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	4.6	0.93	0.93	99.07
N° 8	2.36	60.3	12.18	13.11	86.89
N° 16	1.18	124.3	25.11	38.22	61.78
N° 30	0.60	139.3	28.14	66.36	33.64
N° 50	0.30	89.2	18.02	84.38	15.62
N° 100	0.15	49.0	9.90	94.28	5.72
N° 200	0.08	17.9	3.62	97.90	2.10
Fondo	0.00	10.4	2.10	100.00	0.00
Total		495.0	100.000		

Tabla 7: Tabla granulométrica del agregado fino.³⁴

³³ Norma Técnica Peruana

³⁴ Fuente: Elaboración propia.

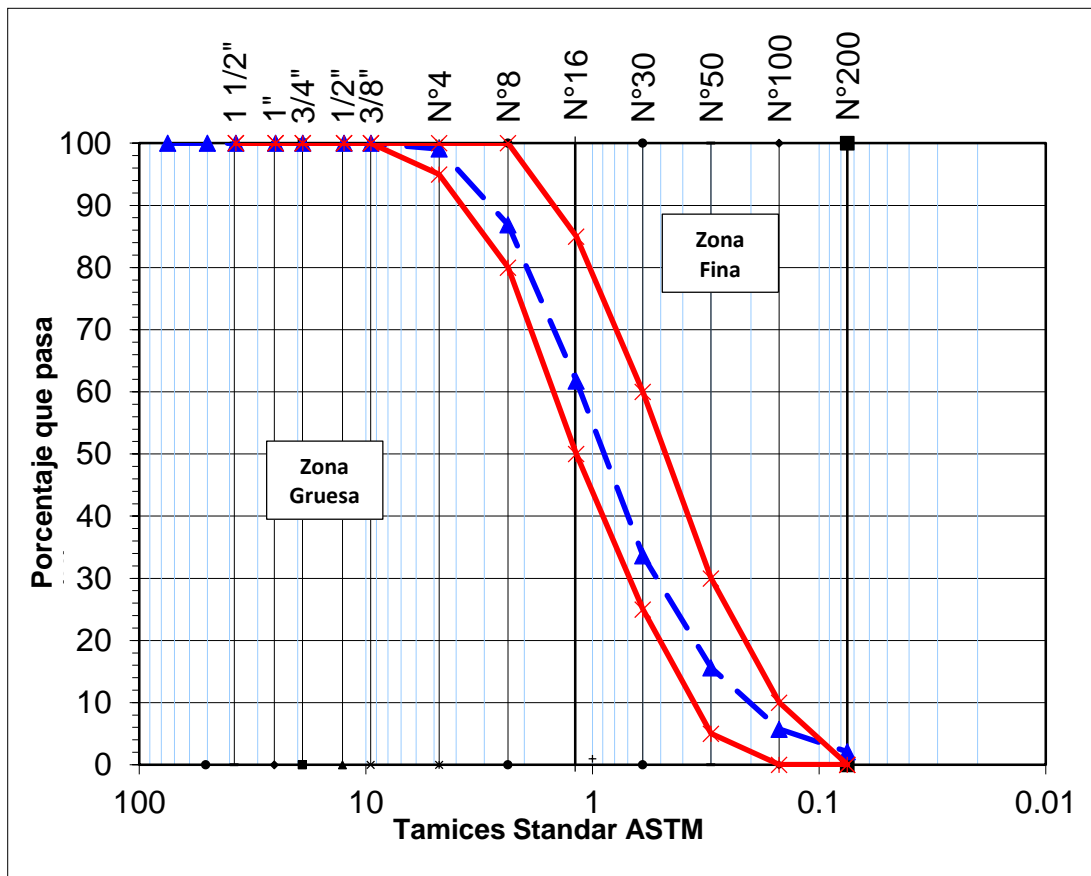


Imagen 14: Curva granulométrica del agregado fino.³⁵

- Finalmente se calcula el módulo de fineza para el agregado fino, usando la siguiente fórmula:

$$MF = \sum \frac{\% \text{Retenido Acumulado} (N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Ecuación 2: Modulo de Fineza del Agregado Fino

$$MF = \frac{0.93 + 13.11 + 38.22 + 66.36 + 84.38 + 94.28}{100}$$

$$MF_{AF} = 2.98$$

³⁵ Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO

En el diseño de mezclas, algunos de los datos que intervienen son el peso unitario seco (PUS) y peso unitario compactado (PUC), tanto del agregado grueso como del fino y para conseguirlo se realizó el siguiente procedimiento, según lo establece la NTP 400.017³⁶:

- Se pesó los pesos de los moldes vacíos que tiene dimensiones: Molde AG \varnothing 9” y altura interna 9”, Molde AF \varnothing 6” y altura interna 6”, luego por geometría sacamos el volumen interno y se coloca las unidades en cm^3 . (ver imagen 15).

MOLDE AGREGADO GRUESO: \varnothing 22.8 cm, h.= 22.9 cm

Peso molde	:	5620 gr
Volumen molde	:	9349.64 cm^3

MOLDE AGREGADO FINO: \varnothing 15.2 cm, h.= 15.4 cm

Peso molde	:	2719 gr
Volumen molde	:	2794.46 cm^3



Imagen 15: Peso de moldes de las granulometrías.³⁷

- Para hallar el Peso Unitario Suelto (PUS), se vertió la piedra hasta llenar el molde de

³⁶ Norma Técnica Peruana: Método de ensayo para Pesos unitarios de los agregados.

³⁷ Fuente: Elaboración propia.

agregado grueso, enrazando el material con una varilla para que quede al ras del tope para luego pesarlo en la balanza. Se procede de la misma manera para el agregado fino con su molde respectivo; cabe señalar que se hizo el ensayo 2 veces con cada material para obtener un mejor resultado final sacando el promedio de cada uno, obteniendo los siguientes resultados: (ver imagen 16)

AGREGADO GRUESO (a) + molde:	19210 gr
AGREGADO GRUESO (b) + molde:	19192 gr
AGREGADO FINO (a) + molde:	7246 gr
AGREGADO FINO (b) + molde:	7254 gr



Imagen 16: Peso de molde más agregado suelto.³⁸

- Finalmente para calcular los pesos unitarios sueltos de los agregados se procede según la siguiente ecuación:

$$PUS = \frac{\text{Peso (muestra + molde)} - \text{Peso (molde)}}{\text{Volumen interno del molde}}$$

³⁸ Fuente: Elaboración propia.

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO:

$$PUS(a) = \frac{19210 \text{ gr} - 5620 \text{ gr}}{9349.64 \text{ cm}^3} = 1.454 \text{ gr/cm}^3$$

$$PUS(b) = \frac{19192 \text{ gr} - 5620 \text{ gr}}{9349.64 \text{ cm}^3} = 1.452 \text{ gr/cm}^3$$

$$PUS = \frac{1.454 + 1.452}{2} = 1.45 \text{ gr/cm}^3$$

$$\mathbf{PUS_{AG} = 1452.57 \text{ kg/m}^3}$$

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO:

$$PUS(a) = \frac{7246 \text{ gr} - 2719 \text{ gr}}{2794.46 \text{ cm}^3} = 1.62 \text{ gr/cm}^3$$

$$PUS(b) = \frac{7254 \text{ gr} - 2719 \text{ gr}}{2794.46 \text{ cm}^3} = 1.62 \text{ gr/cm}^3$$

$$PUS = \frac{1.62 + 1.62}{2} = 1.62 \text{ gr/cm}^3$$

$$\mathbf{PUS_{AF} = 1621.42 \text{ kg/m}^3}$$

- A continuación se realizó el mismo procedimiento para hallar el peso unitario compactado (PUC) para ambos agregados sólo que esta vez se dio 25 chuceadas a cada 1/3 de la altura total del molde para que se compacte adecuadamente, esto hasta rellenar el molde y enrazando con una varilla en la parte superior para que quede al tope, se obtuvieron los siguientes resultados: (ver imagen 17).

MOLDE AGREGADO GRUESO: \varnothing 22.8 cm, h.= 22.9 cm

Peso molde : 5620 gr
Volumen molde : 9349.64 cm³

MOLDE AGREGADO FINO: \varnothing 15.2 cm, h.= 15.4 cm

Peso molde : 2719 gr
Volumen molde : 2794.46 cm³

AGREGADO GRUESO (a) + molde = 20740 gr

AGREGADO GRUESO (b) + molde = 20753 gr

AGREGADO FINO (a) + molde = 7514 gr

AGREGADO FINO (b) + molde = 7526 gr



Imagen 17: Peso molde más material compactado.³⁹

- Finalmente para calcular los pesos unitarios sueltos de los agregados se procede según la ecuación 3 mencionada anteriormente, dando como resultados:

³⁹ Fuente: Elaboración propia.

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO:

$$PUC(a) = \frac{20740 \text{ gr} - 5620 \text{ gr}}{9349.64 \text{ cm}^3} = 1.6171 \text{ gr/cm}^3$$

$$PUC(b) = \frac{20753 \text{ gr} - 5620 \text{ gr}}{9349.64 \text{ cm}^3} = 1.6185 \text{ gr/cm}^3$$

$$PUC = \frac{1.6171 + 1.6185}{2} = 1.6178 \text{ gr/cm}^3$$

$$PUC_{AG} = 1617.83 \text{ kg/m}^3$$

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO:

$$PUC(a) = \frac{7514 \text{ gr} - 2719 \text{ gr}}{2794.46 \text{ cm}^3} = 1.715 \text{ gr/cm}^3$$

$$PUC(b) = \frac{7526 \text{ gr} - 2719 \text{ gr}}{2794.46 \text{ cm}^3} = 1.72 \text{ gr/cm}^3$$

$$PUC = \frac{1.715 + 1.72}{2} = 1.718 \text{ gr/cm}^3$$

$$PUC_{AF} = 1718.04 \text{ kg/m}^3$$

3.2.3 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO

Pasamos a realizar el ensayo de humedad, para lo cual se siguió el siguiente procedimiento, según lo establece la NTP 339.185⁴⁰.

- Se pesó la muestra del agregado grueso y agregado fino en estado natural en una

⁴⁰ Norma Técnica Peruana: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

balanza calibrada, tarando el recipiente. Cabe señalar que se hizo el pesaje de 2 muestras por agregado y se promedia sus resultados para que éstos sean más precisos: (ver imagen 18).



Imagen 18: Muestras de agregado grueso y fino para ensayo de humedad.⁴¹

Peso húmedo agregado grueso (a) = 3000 gr

Peso húmedo agregado grueso (b) = 3000 gr

Peso húmedo AG (Promedio) = $(3000 + 3000) / 2 = 3000$ gr

Peso húmedo agregado fino (a) = 500 gr

Peso húmedo agregado fino (b) = 500 gr

Peso húmedo AF (Promedio) = $(500 + 500) / 2 = 500$ gr

- Se colocaron al horno las muestras a $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, para que seque toda la humedad existente y posteriormente se volvieron a pesar las muestras secas: (ver imagen 19)



Imagen 19: Colocación de muestras el horno a $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.⁴²

⁴¹ Fuente: Elaboración propia.

⁴² Fuente: Elaboración propia.

$$\begin{aligned} \text{Peso seco agregado grueso (a)} &= 2928.7 \text{ gr} \\ \text{Peso seco agregado grueso (b)} &= 2939.9 \text{ gr} \\ \text{Peso seco AG (Promedio)} &= (2794.46 + 2939.9) / 2 = \mathbf{2934.3 \text{ gr}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso seco agregado fino (a)} &= 498.1 \text{ gr} \\ \text{Peso seco agregado fino (b)} &= 491.9 \text{ gr} \\ \text{Peso seco AF (Promedio)} &= (498.1 + 491.9) / 2 = \mathbf{495 \text{ gr}} \end{aligned}$$

- Finalmente se procedió a hallar el porcentaje de humedad presente en los agregados de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca}}{\text{Peso muestra seca}} \times 100\%$$

Ecuación 4: Contenido de Humedad de los Agregados

% HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO:

$$\%H = \frac{3000 - 2934.3}{2934.3} \times 100\%$$

$$\%H_{AG} = \mathbf{2.24\%}$$

% HUMEDAD DEL AGREGADO FINO:

$$\%H = \frac{500 - 495}{495} \times 100\%$$

$$\%H_{AF} = \mathbf{1.01 \%}$$

3.2.4 DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO

Para la determinación de pesos específicos y porcentaje de absorción de los agregados a usar en el diseño de mezclas, se sigue el siguiente procedimiento establecido por las NTP

400.021⁴³ y NTP 400.022⁴⁴:

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO:

- Se escogen dos muestras de material grueso y se procede a lavar cada fragmento manualmente, luego de esto se sumerge el material en agua por un lapso de 24 horas.
- Pasado este tiempo se retiró la muestra, se extendió en una franela o paño, y se secó con este superficialmente cada piedra, posteriormente se pesó en el aire en condición saturada (B), por medio de la balanza digital.

Peso en el aire de la muestra (a) saturada = 3000 gr

Peso en el aire de la muestra (b) saturada = 3001 gr

B = Promedio del Peso SSS (saturada superficialmente seco) =

$$(3000 + 3001) / 2 = \mathbf{3001 \text{ gr}}$$

- Luego el material se colocó en una cesta de alambre y se pesó dentro del agua (C) a una temperatura de 20°C usando una balanza hidráulica. (ver imagen 20)



Imagen 20: Pesos sss y sumergido del agregado grueso.⁴⁵

⁴³Norma Técnica Peruana: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

⁴⁴ Norma Técnica Peruana: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

⁴⁵ Fuente: Elaboración propia

Peso en el agua de la muestra (a) = 1925.6 gr

Peso en el agua de la muestra (b) = 1925.4 gr

$$C = \text{Peso Material Sumergido} = (1925.6 + 1925.4) / 2 = \mathbf{1925.5 \text{ gr}}$$

- Luego de esto se colocó en el horno a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, pasado este tiempo se retiró el material y se dejó enfriar al ambiente procediendo a pesarlo (A).

Peso en el aire de la muestra (a) seca al horno = 2989 gr

Peso en el aire de la muestra (b) seca al horno = 2961 gr

$$A = \text{Peso de la muestra seca al horno} = (2989+2961) / 2 = \mathbf{2975 \text{ gr}}$$

- Finalmente en gabinete se calculó el peso específico y el porcentaje de absorción con las siguientes fórmulas:

$$PE = \frac{A}{B - C}$$

Ecuación 5: Peso Específica de la masa.

$$PESS = \frac{B}{B - C}$$

Ecuación 6: Peso Específico de Masa Superficialmente Seco.

$$PEA = \frac{A}{A - C}$$

Ecuación 7: Peso Específico Aparente.

$$\%A = \left(\frac{B - A}{A} \right) \times 100$$

Ecuación 8: Porcentaje de Absorción

De acuerdo a estas fórmulas obtenemos los siguientes resultados:

$$PE = \frac{2975}{3001-1925.5} = 2.76$$

$$PESS = \frac{3001}{3001-1925.5} = 2.79$$

$$PEA = \frac{2975}{2975-1925.5} = 2.83$$

$$\% \text{ ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO} = \left(\frac{3001-2975}{2975} \right) \times 100 = \mathbf{0.87\%}$$

Para efecto del diseño de mezclas a realizar en esta investigación se requieren que los datos de pesos específicos anteriores sean expresados en kg/m^3 , para esto se multiplica por el factor del agua a 23°C (997.5 kg/m^3):

$$\text{PESO ESPECÍFICO} = 2.76 \times 997.5 = 2753.1 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{PESO ESPECÍFICO SUPERFICIALMENTE SECO} &= 2.79 \times 997.5 \\ &= 2783.03 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{PESO ESPECÍFICO APARENTE} = 2.83 \times 997.5 = 2822.93 \text{ kg/m}^3$$

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO:

- Se escogieron dos muestras del material fino y se sumergieron al agua por un lapso de 24 horas. Para luego expandirlo sobre la mesa del laboratorio para que seque al ambiente. (ver imagen 21).



Imagen 21: Agregado fino sumergido y secado al ambiente luego de estar sumergido 24 horas.⁴⁶

- Una vez seco al aire se procede a llenar en tres capas el molde en forma de tronco de

⁴⁶ Fuente: Elaboración propia.

cono, compactando con un pisón por medio de 25 golpes a cada 1/3 de altura total de dicho molde.

- Si al quitar el molde, la muestra se derrumba 1/3 de la parte de encima, esto demostrará que el agregado habrá alcanzado su condición saturada superficialmente seca, lo cual ocurrió. (ver imagen 22).



Imagen 22: Compactado y demostración que el material fino se encuentra saturado superficialmente seco (sss).⁴⁷

- Se agregó 500 ml de agua al matraz y se pesó en balanza digital, luego se le agregó 500 gr del material fino (masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire) y se le introdujo al matraz con el agua, se hizo rodar el matraz sobre una superficie plana durante un minuto para eliminar las burbujas de aire que puedan haberse introducido, una vez hecho esto se pesó en la balanza digital y se realizaron los siguientes cálculos: (ver imagen 23,24).



Imagen 23: Pesaje: matraz, y peso agregado sss + agregado fino.⁴⁸

⁴⁷ Fuente: Elaboración propia.

⁴⁸ Fuente: Elaboración propia.

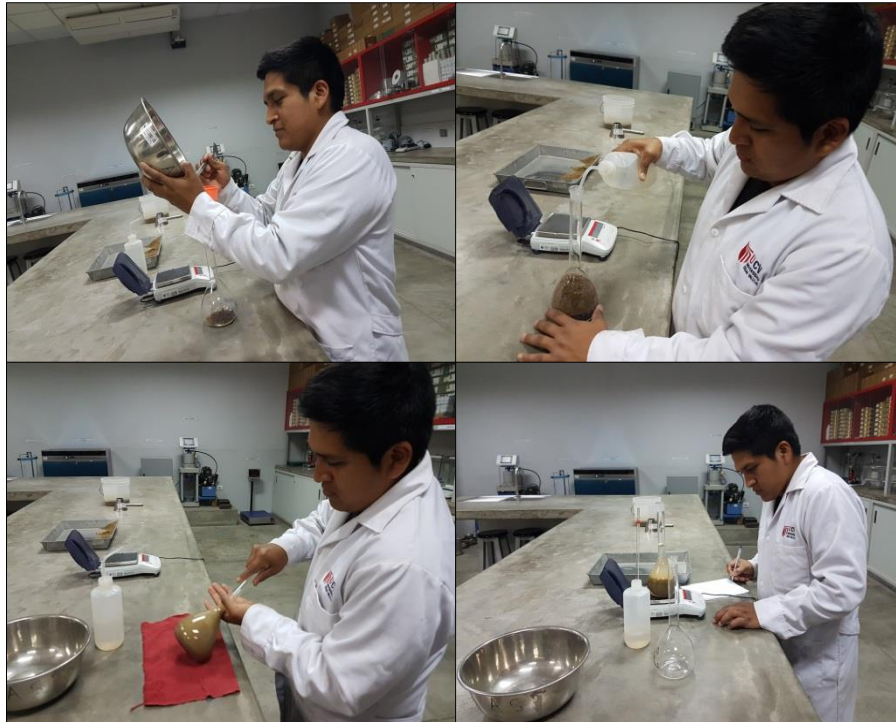


Imagen 24: Pesaje: matraz / matraz + agua + agregado fino.⁴⁹

B = Peso muestra SSS (saturada superficialmente seca) = 500 gr

Matraz = 157 gr

Matraz + agua = 657 gr

Matraz + agua + B (sss) = 959.2 gr

C = Masa de agua que completa el volumen del matraz

$C = 959.2 - 500 - 157 = 302.2 \text{ gr}$

V = Volumen del matraz = 500 ml = 500 gr

- Por último se sacó el agua y se secó la muestra puesta en el horno a $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, luego se procedió a su pesaje y se obtuvieron los siguientes resultados: (ver imagen 25).

⁴⁹ Fuente: Elaboración propia.



Imagen 25: Vaciado de agregado fino y colocación al horno.⁵⁰

A = Masa de la muestra secada al horno = 493.38 gr

- Una vez obtenido los datos se calcularon el peso específico y el porcentaje de absorción de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$PE = \frac{A}{V - C}$$

Ecuación 9: Peso Específico de masa.

$$PESS = \frac{B}{V - C}$$

Ecuación 10: Peso Específico de Masa Superficialmente Seco.

$$PEA = \frac{A}{(V - C) - (B - A)}$$

Ecuación 21: Peso Específico Aparente.

$$\%A = \left(\frac{B-A}{A} \right) \times 100$$

Ecuación 12: Porcentaje de absorción.

De acuerdo a estas fórmulas obtenemos los siguientes resultados:

$$PE = \frac{493.38}{500-302.2} = 2.4943$$

$$PESS = \frac{500}{500-302.2} = 2.52$$

⁵⁰ Fuente: Elaboración propia.

$$PEA = \frac{493.38}{(500-302.2)-(500-493.38)} = 2.58$$

$$\% \text{ ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO} = \left(\frac{500-493.38}{493.38} \right) \times 100 = 1.34\%$$

Para efecto del diseño de mezclas a realizar en esta investigación se requieren que los datos de pesos específicos anteriores sean expresados en kg/m^3 , para esto se multiplica por el factor del agua a 23°C (997.5 kg/m^3):

$$\text{PESO ESPECÍFICO} = 2.49 \times 997.5 = 2488.10 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{PESO ESPECÍFICO SUPERFICIALMENTE SECO} &= 2.32 \times 997.5 \\ &= 2521.48 \quad \text{kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{PESO ESPECÍFICO APARENTE} = 2.58 \times 997.5 = 2574.26 \text{ kg/m}^3$$

3.2.5 CUADRO DE RESULTADOS DE GRANULOMETRÍAS

DESCRIPCIÓN AGREGADOS	A. GRUESO	A. FINO
Cantera	INTRAIN	TRAPICHE
Módulo de fineza	6.86	2.98
Peso unitario suelto (kg/m^3)	1452.57	1621.42
Peso unitario compactado (kg/m^3)	1617.83	1718.04
Contenido de humedad (%)	2.24	1.01
P.E. de masa (kg/m^3)	2753.1	2488.10
P.E. de masa superficialmente seco (kg/m^3)	2783.03	2521.48
P.E. aparente (kg/m^3)	2822.925	2574.26
Absorción (%)	0.87	1.34

Tabla 8: Resultados de caracterización de los agregados.⁵¹

⁵¹ Elaboración propia.

3.2 CÁLCULOS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS

Una vez que hayamos obtenido todos los datos de caracterización de agregados físicos (ver tabla 8) nos servirá para los tres diseños que haremos, por lo cual procedemos a iniciar el diseño de mezclas. A continuación se describen los pasos que se siguieron según el MÉTODO COMITÉ ACI 211⁵² DISEÑO DE MEZCLAS PARA ELABORACIÓN DE CONCRETO ESTRUCTURAL, teniendo en cuenta que será un diseño de concreto de alta resistencia se tomó en cuenta ACI 211.4R-93⁵³ (reapproved 1998), que es una guía especialmente para obtener diseños de alta resistencia, en el cual se optimiza las proporciones de mezcla en base a lotes de prueba, utilizando materiales convencionales y técnicas conocidas de producción. (Ver Anexo de diseños)

3.2.1 CÁLCULO DEL ASENTAMIENTO (SLUMP) Y RELACIÓN DE ARENA PIEDRA.

El asentamiento o también llamado Slump es un dato importante pues nos indica la consistencia y capacidad de adaptarse al encofrado, para calcularlo se debe tener en cuenta la siguiente tabla del ACI 211⁵⁴. (Ver tabla 9).

ASENTAMIENTOS PARA DIVERSOS TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Tipo de Estructura	Asentamiento (Pulgadas)	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros, pavimentos y losas	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Tabla 9: Asentamiento o slump.⁵⁵

⁵² American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

⁵³ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

⁵⁴ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

⁵⁵ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

Como es un diseño de alta resistencia para uso estructural, y se experimentará con aditivo superplastificante entonces el Slump con el cual se trabajaría sería **Slump = 3" - 4"**

En cuanto a la relación de arena piedra se elegirá por experiencia una **relación de arena 47% y piedra 53%**.

3.2.2 CÁLCULO DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

De acuerdo al análisis granulométrico del agregado grueso, tenemos que las piedras son de perfil angular o en algunos casos semiangular, compactas y de textura rugosa, las cuales según el ACI 211.4R-93⁵⁶, estas son las recomendaciones: (ver tabla 10)

	Fuerza de concreto requerido (kg/cm ²)	Agregado grueso de tamaño máximo sugerido, pulg.	
<i>Tabla</i>	< 632.7	¾" a 1"	<i>10:</i>
	>632.7	3/8" a ½"	

*Agregado grueso de tamaño máximo sugerido.*⁵⁷

Para hallar el TMN del agregado grueso se evaluó en laboratorio el tipo de piedra que trajimos de cantera, y decidí utilizar aquella que sería fácil de encontrar en el mercado, de acuerdo a que mi diseño va dirigido al ciudadano común, siempre teniendo en cuenta la limpieza y calidad del agregado.

Los resultados de laboratorio me indicaban que efectivamente trabajaría con un agregado grueso que cumpliría las recomendaciones del ACI 211⁵⁸., este era: **TM = 1" TMN = 3/4"**

3.2.3 DATOS DE ADITIVO

Para la elección del aditivo, tuve en cuenta la recomendación del ACI, que indicaba utilizar en preferencia un aditivo superplastificante, en mi caso decidí utilizar la marca Sika con su producto SikaPlast 700 PE, que es un producto con el cual ya tenía conocimiento de sus prestaciones y beneficios, sus datos son los siguientes: (Ver tabla 11)

⁵⁶ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

⁵⁷ Fuente: Elaboración propia.

⁵⁸ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

Tipo	Superplastificante	
Nombre	SIKAPLAST 700 PE	
Dosis	0.3 a 2 %	de Peso Cemento
Peso específico (P.e.)	1.08	gr/cm ³ kg/L

Tabla 11: Datos técnicos sikaplast 700 pe.⁵⁹

3.2.4 CÁLCULO DE AGUA

El siguiente paso para el diseño fue estimar la cantidad de agua, esto se realizó basándose en la siguiente tabla del ACI 211⁶⁰, el cual nos brinda las cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes Slump y el Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN). (Ver tabla 12)

Asentamiento (Slump)	Agua en Lt/m ³ para TMN de agregados y consistencia indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	200	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	--

Tabla 12: Cálculo de la cantidad de agua (kg/m³) según tmn y slump del agregado grueso⁶¹

Según la tabla 12, utilizaríamos 200 litros, considerando sin aire incorporado debido a que no nos encontramos en un lugar de clima frío. Por lo tanto los cálculos serían: **Agua = 200 kg/m³**

⁵⁹ Fuente: Elaboración propia en base a datos del producto.

⁶⁰ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

⁶¹ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

3.2.5 PESO ESPECÍFICO DE CEMENTO Y AGUA

Según el tipo de cemento y dato conocido de agua sería: (ver tabla 13)

Nombre y tipo Cemento	SOL TIPO I	
P.e. Cemento	3.12	gr/cm ³
P.e. Agua	1	gr/cm ³

*Tabla 13: Peso Específico De Cemento Y Agua.*⁶²

3.2.6 CÁLCULO DE AIRE ATRAPADO

Para calcular el porcentaje de aire atrapado se analiza la siguiente tabla del ACI 211⁶³, teniendo en cuenta de que para el diseño de mezcla no se incorporará aire: (ver tabla 14)

TNM del agregado grueso	Aire atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5

*Tabla 14: Aire atrapado en función del tmn sin aire incorporado.*⁶⁴

Según la tabla se definió:

$$\text{Aire atrapado} = 2\%$$

$$\text{Volumen aire} = 0.02 \text{ m}^3$$

3.2.7 CALCULO DE RESISTENCIA REQUERIDA

Procedemos al cálculo de la resistencia requerida, para esto se usa la siguiente tabla: (ver

⁶² American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

⁶³ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

⁶⁴ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

tabla 15)

F'c especificado	F'cr (kg/cm²)
< 210	f'c + 70
210 – 350	f'c + 84
> 350	1.1 f'c + 50

Tabla15: Resistencia requerida en función de la resistencia especificada.⁶⁵

Teniendo en cuenta que el concreto que he de diseñar debe soportar una carga mínima de resistencia a la compresión de 600 kg/cm² (f'c especificado), para concreto de gran resistencia.

$$F'cr = 1.1 * f'c + 50$$

$$F'cr = 1.1 * 600 + 50 = 710 \text{ kg/cm}^2$$

3.2.8 RELACIÓN DE AGUA Y CEMENTO

3.2.9

Para el cálculo de cemento se calcula en primer lugar la relación agua-cemento (a/c) mediante la siguiente tabla, teniendo en cuenta que en el diseño no se incorporará aire: (ver tabla 16)

f'c (kg/cm²)	Relación agua cemento (a/c)	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	--
450	0.38	--

Tabla16: Relación a/c en función de f'c.⁶⁶

Como nuestro concreto es de alta resistencia y utiliza un F'c = 600 kg/cm² tendría que

⁶⁵ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

⁶⁶ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

extrapolar para obtener un dato cercano de a/c que corresponda a mi F'c, este dato lo obtendría así: (ver tabla 17)

$$F'_{cr} = 710 \text{ kg/cm}^2$$

Relación a/c	F'cr	a/c	$= \frac{710-400}{450-400} \frac{x-0.43}{0.38-0.43}$
	710	x	
$a/c = 0.12$	450	0.38	
	400	0.43	

Al obtener esta relación de agua y cemento, puedo utilizar la siguiente fórmula para hallar la cantidad de cemento:

$$(a/c) = \text{agua/cemento}$$

$$\text{Cemento} = \text{agua} / (a/c)$$

$$\text{Cemento} = 200/0.12 = 1666.7 \text{ kg}$$

Por experiencia podemos saber que la cantidad de cemento obtenido es excesivo, es por ello que debo utilizar la tabla del ACI 211.4R-93⁶⁷ y es la siguiente: (ver tabla 18)

Campo de fuerza F'cr , kg/cm2		w/(c + p)			
		Agregado grueso de tamaño máximo, pulg.			
		3/8	1/2	3/4	1
492.1	28 días	0.5	0.48	0.45	0.43
	56 días	0.55	0.52	0.48	0.46
562.4	28 días	0.44	0.42	0.4	0.38
	56 días	0.48	0.45	0.42	0.4
632.7	28 días	0.38	0.36	0.35	0.34
	56 días	0.42	0.39	0.37	0.36
703	28 días	0.33	0.32	0.31	0.30
	56 días	0.37	0.35	0.33	0.32
773.3	28 días	0.30	0.29	0.27	0.27
	56 días	0.33	0.31	0.29	0.29
843.6	28 días	0.27	0.26	0.25	0.25
	56 días	0.30	0.28	0.27	0.26

Tabla17: Relación a/c máxima recomendada para concreto hechos con superplastificantes.⁶⁸

⁶⁷ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

⁶⁸ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

Por lo tanto mi relación para 28 días, con un TMN de $\frac{3}{4}$ ", sería:

$$a/c = 0.31$$

3.2.10 DISEÑO PATRÓN R a/c = 0.31

Según los datos trabajados anteriormente se procede en hacer los cálculos para una relación de agua cemento 0.31 de acuerdo a la Tabla 17⁶⁹.

3.2.10.1 CANTIDAD DE CEMENTO Y ADITIVO R a/c = 0.31

La cantidad de cemento se calcula en base a la cantidad de agua y la relación de agua cemento, estos son datos que ya tenemos, por lo cual procedemos al cálculo:

$$\text{Agua} = 200 \text{ kg/m}^3, \quad a/c = 0.31$$

$$(a/c) = \text{agua/cemento}$$

$$\text{Cemento} = \text{agua} / (a/c)$$

$$\text{Cantidad de Cemento} = 200/0.31 = 645.2 \text{ kg}$$

$$\text{Vol cem} = \frac{\text{cemento}}{\text{Peso específico cemento}}$$

$$\text{Vol cemento} = \frac{645.16 \text{ kg}}{3120 \text{ kg/m}^3} = 0.207 \text{ m}^3$$

Se procedió a calcular la cantidad de aditivo que se utilizará, según el fabricante del Sikaplast 700 PE podemos usar entre 0.3 a 2% del peso del cemento. Para el presente trabajo se utilizó el 2% y este dato sería:

$$\text{Cantidad de aditivo} = 645.16 * 0.02 = 12.9 \text{ Kg}$$

⁶⁹ American Concrete Institute 211: Diseño de mezclas de concreto.

3.2.10.2 DISEÑO SECO R a/c = 0.31

- **Pesos Secos (Kg)**

En el cálculo de pesos seco, ya tenemos datos para cemento, agua, aditivo y aire. Pero con respecto al peso seco de la arena y piedra se obtiene con la multiplicación del peso específico que resultó de laboratorio (Tabla 19) y el volumen por metro cúbico que obtenemos de la siguiente manera:

$$\text{Vol agregado Grueso} = (1 - \Sigma \text{ de volumen parcial}) * \text{Relacion de arena}$$

$$\text{Vol agregado Grueso} = (1 - 0.439) * 0.47 = \mathbf{0.264 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vol agregado Fino} = (1 - \Sigma \text{ de volumen parcial}) * \text{Relacion de Piedra}$$

$$\text{Vol agregado Fino} = (1 - 0.439) * 0.53 = \mathbf{0.297 \text{ m}^3}$$

Entonces los Volúmenes de agregado son multiplicados por el peso específico obtenido de laboratorio obteniendo los siguientes pesos secos: (ver tabla 18)

$$\text{WS Arena} = 0.264 * 2488 = \mathbf{656.83 \text{ Kg}}$$

$$\text{WS Piedra} = 0.297 * 2753 = \mathbf{817.64 \text{ Kg}}$$

INSUMOS	WS (Kg.)	
	(a)	
Cemento	645.20	(d)
Agua	200	
Arena	656.83	
Piedra	817.64	
Aditivo	12.90	
Aire	2%	

Tabla 18: Peso diseño seco r a/c = 0.31.⁷⁰

- **Pesos Específicos**

Los pesos específicos son conocidos para cemento y aditivo por las fichas técnicas anexadas,

⁷⁰ Fuente: Elaboración propia.

el peso específico del agua es conocida, los de piedra y arena son datos de laboratorio. (Ver tabla 19)

INSUMOS	P.e. (Kg/m3)
	(b)
Cemento	3120
Agua	1000
Arena	2488.1
Piedra	2753.1
Aditivo	1080
Aire	-

Tabla 19: Peso específico diseño seco $r/a/c = 0.31$.⁷¹

- **Volúmenes**

Los volúmenes son resultado de la división de WS pesos secos entre el peso del cemento. Y para arena piedra se tiene desarrollada en la partida de pesos secos. En cuanto al aire atrapado es representado con el 2% pero en decimales. (ver tabla 20)

INSUMOS	Vol. (m3)
	(k)=(a/b)
Cemento	0.207
Agua	0.200
Arena	0.264
Piedra	0.297
Aditivo	0.012
Aire	0.020
parcial	0.439

Tabla 20: Volumen por m3 para diseño seco $r/a/c = 0.31$.⁷²

⁷¹ Fuente: Elaboración propia.

⁷² Fuente: Elaboración propia.

- **Pesos Unitarios Suelos**

Para los pesos unitarios suelos se debe de dividir los pesos secos entre el peso del cemento a utilizar en un m³. (Ver tabla 21)

INSUMOS	W.U.S.
	(c)=(a/d)
Cemento	1
Agua	0.31
Arena	1.02
Piedra	1.27
Aditivo	0.02
Aire	-

Tabla 21: Volumen unitario suelo para diseño seco $r a/c = 0.31$.⁷³

3.2.10.3 DISEÑO EN OBRA $R a/c = 0.31$

- **Peso En Obra**

En cuanto a los pesos en obra, se debe considerar que no hay cambios en el cemento y aditivo.

El peso del agua se ve comprometida a variar debido a que necesitamos un real Agua de Diseño, es por ello que hay un Aporte de Agua de los Agregados, y para hacer esta corrección necesitamos saber el dato Agua Libre. El AGUA LIBRE de arena y piedra se calcula del siguiente modo:

AL arena =

$$WS \text{ arena} * ((\% \text{humedad arena} - \% \text{absorción arena})/100)$$

$$AL \text{ arena} = 656.83 * ((1.01 - 1.34)/100) = \mathbf{-2.17}$$

AL piedra =

$$WS \text{ piedra} * ((\% \text{humedad piedra} - \% \text{absorción piedra})/100)$$

$$AL \text{ piedra} = 817.64 * ((2.24 - 0.87)/100) = \mathbf{11.20}$$

$$WO \text{ agua} = 200 - ((-2.17) + (11.20)) = \mathbf{190.97 \text{ lt.}}$$

⁷³ Fuente: Elaboración propia.

El peso de los agregados variaría dado que absorben humedad en obra por así decirlo, y es por ello que se hace una Corrección Por Humedad y se da de la siguiente manera:

$$\text{CH arena} = \text{WS arena} * (1 + (\text{Contenido de humedad arena}/100))$$

$$\text{CH arena} = 656.83 * \left(1 + \left(\frac{1.01}{100}\right)\right) = \mathbf{663.46 \text{ kg}}$$

$$\text{CH piedra} = \text{WSpiedra} * (1 + (\text{Contenido de humedad piedra}/100))$$

$$\text{CH arena} = 817.64 * \left(1 + \left(\frac{2.24}{100}\right)\right) = \mathbf{835.96 \text{ kg}}$$

Con los cálculos hechos obtenemos el siguiente cuadro: (ver tabla 22)

INSUMOS	W.O. (Kg.)
	(f)
Cemento	645.2
Agua	190.97
Arena	663.46
Piedra	835.96
Aditivo	12.9
Aire	-

Tabla 22: Peso en obra para diseño de obra r a/c = 0.31.⁷⁴

- **Peso Unitario En Obra**

Para calcular el peso unitario en obra se hace una división del WO del diseño de obra entre peso del cemento 645.2 kg. (Ver tabla 23)

⁷⁴ Fuente: Elaboración propia.

INSUMOS	W.U.O. (g)=(f/d)
Cemento	1
Agua	0.30
Arena	1.03
Piedra	1.30
Aditivo	0.02
Aire	-
Σ tanda	3.65

Tabla 23: Peso unitario en obra para diseño de obra r a/c = 0.31.⁷⁵

- **Peso Unitario en Obra Para Una Bolsa de Cemento**

Para obtenerlo multiplicamos el WO de Diseño de obra por 42.5 kg que es el peso de una bolsa de cemento. Viene a ser un artificio para luego llevar los datos a pie cúbico y presentar el diseño en forma estándar conocida. (Ver tabla 24)

INSUMOS	W.U.O. * 42.5 h=g*(42.5 bol.)
Cemento	42.50
Agua	12.75
Arena	43.78
Piedra	55.25
Aditivo	0.85
Aire	-

Tabla 24: Peso unitario en obra para una bolsa de cemento en diseño de obra r a/c = 0.31.⁷⁶

- **Volumen (Pie3)**

Para este cálculo hago lo siguiente:

En cuanto al cemento entiendo que el peso unitario en obra de 42.5 kg es 1 pie³.

El agua no tiene variación en este punto por lo que sigue dando 12.75 lt.

Respecto a la arena y piedra utilizo la siguiente formula con artificio:

⁷⁵ Fuente: Elaboración propia.

⁷⁶ Fuente: Elaboración propia.

$$V_{\text{arena}} = \frac{WUO_{\text{arena}}}{PUS_{\text{arena}}} m^3 * 35.31 \frac{\text{pie}^3}{1m^3}$$

$$V_{\text{arena}} = \frac{43.78}{1621.4} m^3 * 35.31 \frac{\text{pie}^3}{1m^3} = \mathbf{0.95 \text{ pie}^3}$$

$$V_{\text{piedra}} = \frac{WUO_{\text{piedra}}}{PUS_{\text{piedra}}} m^3 * 35.31 \frac{\text{pie}^3}{1m^3}$$

$$V_{\text{arena}} = \frac{55.25}{1452.6} m^3 * 35.31 \frac{\text{pie}^3}{1m^3} = \mathbf{1.34 \text{ pie}^3}$$

Concerniente al Volumen del aditivo para el Volumen de diseño en obra sigo la siguiente formula:

$$\text{Vol. aditivo} = \frac{WUO_{\text{aditivo kg m}^3}}{PE_{\text{aditivo kg}}} * \frac{1000lt}{1m^3}$$

$$\text{Vol. aditivo} = \frac{0.85 \text{ kg m}^3}{1080 \text{ kg}} * \frac{1000lt}{1m^3} = \mathbf{0.79 \text{ lt.}}$$

Por lo tanto obtenemos resultados para la siguiente tabla: (ver tabla 25)

INSUMOS	VOL (pie3)
Cemento	1
Agua	12.75
Arena	0.95
Piedra	1.34
Aditivo	0.79
Aire	-

Tabla 25: Volumen por pie3 de diseño de obra r a/c = 0.31.⁷⁷

- **Peso Unitario En Obra Para Una Tanda De Prueba**

Conozco y comprendo que para 10 probetas de 4” de diámetro y 8” de altura más desperdicio de 15% necesito 72 Kg. De concreto, estos son divididos entre la sumatoria de la tanda de WUO para diseño en obra 3.65, con lo cual obtenemos un factor F = 19.73 kg, el cual será multiplicado por WUO, para obtener la tanda a usar en la prueba de diseño de concreto, que en este caso es para una relación de 0.31. Por lo tanto los cálculos son los siguientes: (ver tabla 26)

$$WUO_{\text{Tanda}} = WUO * F$$

⁷⁷ Fuente: Elaboración propia.

En el caso del aditivo este resultado es en kg, por lo que es necesario utilizar este artificio:

$$\text{WUO Tanda} = (\text{WUO} * \text{F}) * 1000 \text{ lt} * 1000 \text{ ml/1 lt}$$

$$\text{WUO Tanda} = (0.02 * 19.73) * 1000 \text{ lt} * 1000 \text{ ml/1 lt} = \mathbf{365.74 \text{ ml}}$$

INSUMOS	W.U.O.* F (tanda) (kg)
	(i)=(g*F)
Cemento	19.73
Agua	5.92
Arena	20.32
Piedra	25.65
Aditivo	365.74 (ml)
Aire	-

Tabla 26: Peso unitario en obra para una tanda de prueba r a/c = 0.31.⁷⁸

3.2.11 DISEÑO MODIFICADO R a/c = 0.33

Según los datos trabajados anteriormente se procede en hacer los cálculos para una relación de agua cemento 0.33 en pretensiones de poder experimentar con el diseño y comparar resultados con el diseño 0.31 que nos indica el diseño patrón. Por lo cual se puede comprender que los datos de granulometría en laboratorio es el mismo, así también, la elección de Slump, relación agua piedra, porcentaje de aditivo, Pesos específicos de cemento por el mismo tipo Sol I, resistencia requerida, y por último es el mismo requerimiento de peso de concreto para una tanda de prueba de este tipo de concreto.

3.2.11.1 CANTIDAD DE CEMENTO Y ADITIVO R a/c = 0.33

La cantidad de cemento se calcula en base a la cantidad de agua y la relación de agua cemento, estos son datos que ya tenemos, por lo cual procedemos al cálculo:

$$\text{Agua} = 200 \text{ kg/m}^3, \text{ a/c} = 0.31$$

$$(\text{a/c}) = \text{agua/cemento}$$

$$\text{Cemento} = \text{agua} / (\text{a/c})$$

$$\mathbf{\text{Cantidad de Cemento} = 200/0.33 = 606.06 \text{ kg}}$$

⁷⁸ Fuente: Elaboración propia.

$$Vol\ cem = \frac{cemento}{Peso\ específico\ cemento}$$

$$Vol\ cemento = \frac{606.06\ kg}{3120\ kg/m^3} = 0.194\ m^3$$

Se procedió a calcular la cantidad de aditivo que se utilizará, según el fabricante del Sikaplast 700 PE podemos usar entre 0.3 a 2% del peso del cemento. Para el presente trabajo se utilizó el 2% y este dato sería:

$$Cantidad\ de\ aditivo = 606.06 * 0.02 = 12.12\ Kg$$

3.2.11.2 DISEÑO SECO R a/c = 0.33

- **Pesos Secos (Kg)**

En el cálculo de pesos seco, ya tenemos datos calculados para cemento, agua, aditivo y aire. Pero con respecto al peso seco de la arena y piedra se obtiene con la multiplicación del peso específico que resultó de laboratorio (Ver Tabla 27) y el volumen por metro cúbico que obtenemos de la siguiente manera:

$$Vol\ agregado\ Grueso = (1 - \Sigma\ de\ volumen\ parcial) * Relacion\ de\ arena$$

$$Vol\ agregado\ Grueso = (1 - 0.425) * 0.47 = 0.270\ m^3$$

$$Vol\ agregado\ Fino = (1 - \Sigma\ de\ volumen\ parcial) * Relacion\ de\ Piedra$$

$$Vol\ agregado\ Fino = (1 - 0.425) * 0.53 = 0.304\ m^3$$

Entonces los Volúmenes de agregado son multiplicados por el peso específico obtenido de laboratorio obteniendo los siguientes pesos secos:

$$WS\ Arena = 0.270 * 2488.1 = 656.83\ Kg$$

$$WS\ Piedra = 0.304 * 2753.1 = 838.32\ Kg$$

(ver tabla 27)

INSUMOS	WS (Kg.)	
	(a)	
Cemento	606.06	(d)
Agua	200	
Arena	671.86	
Piedra	838.32	
Aditivo	12.12	
Aire	2%	

Tabla 27: Peso diseño seco $r a/c = 0.33$.⁷⁹

- **Pesos Específicos**

Los pesos específicos son conocidos para cemento y aditivo por las fichas técnicas anexadas, el peso específico del agua es conocida, los de piedra y arena son datos de laboratorio. (ver tabla 28)

INSUMOS	P.e. (Kg/m3)
	(b)
Cemento	3120
Agua	1000
Arena	2488.1
Piedra	2753.1
Aditivo	1080
Aire	-

Tabla 28: Peso específico diseño seco $r a/c = 0.33$.⁸⁰

- **Volúmenes**

Los volúmenes son resultado de la división de WS pesos secos entre el peso del cemento. Y para arena piedra se tiene desarrollada en la partida de pesos secos WS. En cuanto al aire atrapado es representado con el 2% pero en decimales. (ver tabla 29)

⁷⁹ Fuente: Elaboración propia.

⁸⁰ Fuente: Elaboración propia.

INSUMOS	Vol. (m3)
	(k)=(a/b)
Cemento	0.194
Agua	0.200
Arena	0.270
Piedra	0.304
Aditivo	0.011
Aire	0.020
parcial	0.425

Tabla 29: Volumen por m3 para diseño seco r a/c = 0.33.⁸¹

- **Pesos Unitarios Suelos**

Para los pesos unitarios suelos se debe de dividir los pesos secos entre el peso del cemento a utilizar en un m3. (ver tabla 30)

INSUMOS	W.U.S.
	(c)=(a/d)
Cemento	1
Agua	0.33
Arena	1.11
Piedra	1.38
Aditivo	0.02
Aire	-

Tabla 30: Volumen unitario suelo para diseño seco r a/c = 0.33.⁸²

3.2.11.3 DISEÑO EN OBRA R a/c = 0.33

- **Peso En Obra**

En cuanto a los pesos en obra, se debe considerar que no hay cambios en el cemento y aditivo.

El peso del agua se ve comprometida a variar debido a que necesitamos un real Agua de

⁸¹ Fuente: Elaboración propia.

⁸² Fuente: Elaboración propia.

Diseño, es por ello que hay un Aporte de Agua de los Agregados, y para hacer esta corrección necesitamos saber el dato Agua Libre. El AGUA LIBRE de arena y piedra se calcula del siguiente modo:

AL arena =

$$WS \text{ arena} * ((\%humedad \text{ arena} - \%absorción \text{ arena})/100)$$

$$AL \text{ arena} = 671.86 * ((1.01 - 1.34)/100) = \mathbf{-2.22}$$

AL piedra =

$$WS \text{ piedra} * ((\%humedad \text{ piedra} - \%absorción \text{ piedra})/100)$$

$$AL \text{ piedra} = 838.32 * ((2.24 - 0.87)/100) = \mathbf{11.48}$$

$$WO \text{ agua} = 200 - ((-2.22) + (11.48)) = \mathbf{190.73 \text{ lt.}}$$

El peso de los agregados variaría dado que absorben humedad en obra por así decirlo, y es por ello que se hace una Corrección Por Humedad y se da de la siguiente manera:

$$CH \text{ arena} = WS \text{ arena} * (1 + (Contenido de humedad \text{ arena}/100))$$

$$CH \text{ arena} = 671.86 * \left(1 + \left(\frac{1.01}{100} \right) \right) = \mathbf{678.64 \text{ kg}}$$

$$CH \text{ piedra} = WSpiedra * (1 + (Contenido de humedad \text{ piedra}/100))$$

$$CH \text{ arena} = 838.32 * \left(1 + \left(\frac{2.24}{100} \right) \right) = \mathbf{857.09 \text{ kg}}$$

Con los cálculos hechos obtenemos el siguiente cuadro: (ver tabla 31)

INSUMOS	W.O. (Kg.)
	(f)
Cemento	606.1
Agua	190.73
Arena	678.64
Piedra	857.09
Aditivo	12.1
Aire	-

Tabla 31: Peso en obra para diseño de obra $r a/c = 0.33$.⁸³

- **Peso Unitario En Obra**

Para calcular el peso unitario en obra se hace una división del WO del diseño de obra entre peso del cemento 606.06 kg. (ver tabla 32)

INSUMOS	W.U.O.
	(g)=(f/d)
Cemento	1
Agua	0.31
Arena	1.12
Piedra	1.41
Aditivo	0.02
Aire	-
Σ tanda	3.87

Tabla 32: Peso unitario en obra para diseño de obra $r a/c = 0.33$.⁸⁴

- **Peso Unitario en Obra Para Una Bolsa de Cemento**

Para obtenerlo multiplicamos el WO de Diseño de obra por 42.5 kg que es el peso de una bolsa de cemento. Viene a ser un artificio para luego llevar los datos a pie cúbico y presentar el diseño en forma estándar conocida.

(ver tabla 33)

⁸³ Fuente: Elaboración propia.

⁸⁴ Fuente: Elaboración propia.

INSUMOS	W.U.O. * 42.5
	h=g*(42.5 bol.)
Cemento	42.50
Agua	13.38
Arena	47.59
Piedra	60.10
Aditivo	0.85
Aire	-

Tabla 33: Peso unitario en obra para una bolsa de cemento, en diseño de obra r a/c = 0.33.⁸⁵

- **Volumen (Pie3)**

Para este cálculo hago lo siguiente:

En cuanto al cemento entiendo que el peso unitario en obra de 42.5 kg es 1 pie3.

El agua no tiene variación en este punto por lo que sigue dando 13.38 lt.

Respecto a la arena y piedra utilizo la siguiente formula con artificio:

$$V_{\text{arena}} = \frac{WUO \text{ arena}}{PUS \text{ arena}} m^3 * 35.31 \frac{\text{pie}^3}{1m^3}$$

$$V_{\text{arena}} = \frac{47.59}{1621.42} m^3 * 35.31 \frac{\text{pie}^3}{1m^3} = \mathbf{1.04 \text{ pie}^3}$$

$$V_{\text{piedra}} = \frac{WUO \text{ piedra}}{PUS \text{ piedra}} m^3 * 35.31 \frac{\text{pie}^3}{1m^3}$$

$$V_{\text{piedra}} = \frac{60.10}{1452.57} m^3 * 35.31 \frac{\text{pie}^3}{1m^3} = \mathbf{1.46 \text{ pie}^3}$$

Concerniente al Volumen del aditivo para el Volumen de diseño en obra sigo la siguiente formula:

$$Vol. \text{ aditivo} = \frac{WUO \text{ aditivo kg } m^3}{PE \text{ aditivo kg}} * \frac{1000lt}{1m^3}$$

$$Vol. \text{ aditivo} = \frac{0.85 \text{ kg } m^3}{1080 \text{ kg}} * \frac{1000lt}{1m^3} = \mathbf{0.79 \text{ lt.}}$$

⁸⁵ Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto obtenemos resultados para la siguiente tabla: (ver tabla 34)

INSUMOS	VOL (pie3)
Cemento	1
Agua	13.38
Arena	1.04
Piedra	1.46
Aditivo	0.79
Aire	-

Tabla 34: Volumen por pie3 de diseño de obra r a/c = 0.33.⁸⁶

- **Peso Unitario En Obra Para Una Tanda De Prueba**

Conozco y comprendo que para 10 probetas de 4” de diámetro y 8” de altura más desperdicio de 15% necesito 72 Kg. De concreto, estos son divididos entre la sumatoria de la tanda de WUO para diseño en obra 3.87, con lo cual obtenemos un factor $F = 18.61$ kg, el cual será multiplicado por WUO, para obtener la tanda a usar en la prueba de diseño de concreto, que en este caso es para una relación de 0.33. Por lo tanto los cálculos son los siguientes: (ver tabla 35)

$$\text{WUO Tanda} = \text{WUO} * F$$

En el caso del aditivo este resultado es en kg, por lo que es necesario utilizar este artificio:

$$\text{WUO Tanda} = (\text{WUO} * F) * 1000 \text{ lt} * 1000 \text{ ml/1 lt}$$

$$\text{WUO Tanda} = (0.02 * 18.61) * 1000 \text{ lt} * 1000 \text{ ml/1 lt} = \mathbf{344.65 \text{ ml}}$$

INSUMOS	W.U.O.* F (tanda) (kg)
	(i)=(g*F)
Cemento	18.61
Agua	5.86 lt
Arena	20.84
Piedra	26.32
Aditivo	344.65 (ml)
Aire	-

Tabla 35: Peso unitario en obra para una tanda de prueba r a/c = 0.33.⁸⁷

⁸⁶ Fuente: Elaboración propia.

⁸⁷ Fuente: Elaboración propia.

3.2.12 DISEÑO MODIFICADO R a/c = 0.28

Según los datos trabajados anteriormente se procede en hacer los cálculos para una relación de agua cemento 0.28 en pretensiones de poder experimentar con el diseño y comparar resultados con el diseño 0.31 que nos indica el diseño patrón. Por lo cual se puede comprender que los datos de granulometría en laboratorio es el mismo, así también, la elección de Slump, relación agua piedra, porcentaje de aditivo, Pesos específicos de cemento por el mismo tipo Sol I, resistencia requerida, y por último es el mismo requerimiento de peso de concreto para una tanda de prueba de este tipo de concreto.

3.2.12.1 CANTIDAD DE CEMENTO Y ADITIVO R a/c = 0.28

La cantidad de cemento se calcula en base a la cantidad de agua y la relación de agua cemento, estos son datos que ya tenemos, por lo cual procedemos al cálculo:

$$\text{Agua} = 200 \text{ kg/m}^3, \text{ a/c} = 0.28$$

$$(a/c) = \text{agua/cemento}$$

$$\text{Cemento} = \text{agua} / (a/c)$$

$$\text{Cantidad de Cemento} = 200/0.28 = 714.29 \text{ kg}$$

$$\text{Vol cem} = \frac{\text{cemento}}{\text{Peso específico cemento}}$$

$$\text{Vol cemento} = \frac{714.29\text{kg}}{3120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.229 \text{ m}^3$$

Se procedió a calcular la cantidad de aditivo que se utilizará, según el fabricante del Sikaplast 700 PE podemos usar entre 0.3 a 2% del peso del cemento. Para el presente trabajo se utilizó el 2% y este dato sería:

$$\text{Cantidad de aditivo} = 714.29 * 0.02 = 14.29 \text{ Kg}$$

3.2.12.2 DISEÑO SECO R a/c = 0.28

- **Pesos Secos (Kg)**

En el cálculo de pesos seco, ya tenemos datos calculados para cemento, agua, aditivo y aire. Pero con respecto al peso seco de la arena y piedra se obtiene con la multiplicación del peso específico que resultó de laboratorio (Ver Tabla 36) y el volumen por metro cúbico que obtenemos de la siguiente manera:

$$\text{Vol agregado Grueso} = (1 - \Sigma \text{ de volumen parcial}) * \text{Relacion de arena}$$

$$\text{Vol agregado Grueso} = (1 - 0.462) * 0.47 = \mathbf{0.253 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vol agregado Fino} = (1 - \Sigma \text{ de volumen parcial}) * \text{Relacion de Piedra}$$

$$\text{Vol agregado Fino} = (1 - 0.462) * 0.53 = \mathbf{0.285 \text{ m}^3}$$

Entonces los Volúmenes de agregado son multiplicados por el peso específico obtenido de laboratorio obteniendo los siguientes pesos secos:

$$\text{WS Arena} = 0.253 * 2488.1 = \mathbf{628.95 \text{ Kg}}$$

$$\text{WS Piedra} = 0.285 * 2753.1 = \mathbf{784.78 \text{ Kg}}$$

(ver tabla 36)

INSUMOS	WS (Kg.)	
	(a)	
Cemento	714.29	(d)
Agua	200	
Arena	628.95	
Piedra	784.78	
Aditivo	14.29	
Aire	2%	

Tabla 36: Peso diseño seco r a/c = 0.28.⁸⁸

- **Pesos Específicos**

Los pesos específicos son conocidos para cemento y aditivo por las fichas técnicas anexadas, el peso específico del agua es conocida, los de piedra y arena son datos de laboratorio. (ver

⁸⁸ Fuente: Elaboración propia.

tabla 37)

INSUMOS	P.e. (Kg/m3)
	(b)
Cemento	3120
Agua	1000
Arena	2488.1
Piedra	2753.1
Aditivo	1080
Aire	-

Tabla 37: Peso específico diseño seco $r a/c = 0.28$.⁸⁹

- **Volúmenes**

Los volúmenes son resultado de la división de WS pesos secos entre el peso del cemento. Y para arena piedra se tiene desarrollada en la partida de pesos secos WS. En cuanto al aire atrapado es representado con el 2% pero en decimales. (ver tabla 38)

INSUMOS	Vol. (m3)
	(k)=(a/b)
Cemento	0.229
Agua	0.200
Arena	0.253
Piedra	0.285
Aditivo	0.013
Aire	0.020
parcial	0.462

Tabla 38: Volumen por m3 para diseño seco $r a/c = 0.28$.⁹⁰

⁸⁹ Fuente: Elaboración propia.

⁹⁰ Fuente: Elaboración propia.

- **Pesos Unitarios Suelos**

Para los pesos unitarios suelos se debe de dividir los pesos secos entre el peso del cemento a utilizar en un m³. (Ver tabla 39)

INSUMOS	W.U.S.
	(c)=(a/d)
Cemento	1
Agua	0.28
Arena	0.88
Piedra	1.10
Aditivo	0.02
Aire	-

Tabla 39: Volumen unitario suelo para diseño seco r a/c = 0.28.⁹¹

3.2.12.3 DISEÑO EN OBRA R a/c = 0.28

- **Peso En Obra**

En cuanto a los pesos en obra, se debe considerar que no hay cambios en el cemento y aditivo.

El peso del agua se ve comprometida a variar debido a que necesitamos un real Agua de Diseño, es por ello que hay un Aporte de Agua de los Agregados, y para hacer esta corrección necesitamos saber el dato Agua Libre. El AGUA LIBRE de arena y piedra se calcula del siguiente modo:

AL arena =

$$WS \text{ arena} * ((\% \text{humedad arena} - \% \text{absorción arena}) / 100)$$

$$AL \text{ arena} = 628.95 * ((1.01 - 1.34) / 100) = -2.08$$

AL piedra =

$$WS \text{ piedra} * ((\% \text{humedad piedra} - \% \text{absorción piedra}) / 100)$$

⁹¹ Fuente: Elaboración propia.

$$AL \text{ piedra} = 784.78 * \left(\frac{(2.24 - 0.87)}{100} \right) = \mathbf{10.75}$$

$$WO \text{ agua} = 200 - ((-2.08) + (10.75)) = \mathbf{191.32 \text{ lt.}}$$

El peso de los agregados variaría dado que absorben humedad en obra por así decirlo, y es por ello que se hace una Corrección Por Humedad y se da de la siguiente manera:

$$CH \text{ arena} = WS \text{ arena} * (1 + (\text{Contenido de humedad arena}/100))$$

$$CH \text{ arena} = 628.95 * \left(1 + \left(\frac{1.01}{100} \right) \right) = \mathbf{635.30 \text{ kg}}$$

$$CH \text{ piedra} = WSpiedra * (1 + (\text{Contenido de humedad piedra}/100))$$

$$CH \text{ arena} = 784.78 * \left(1 + \left(\frac{2.24}{100} \right) \right) = \mathbf{802.36 \text{ kg}}$$

Con los cálculos hechos obtenemos el siguiente cuadro: (ver tabla 40)

INSUMOS	W.O. (Kg.)
	(f)
Cemento	714.3
Agua	191.32
Arena	635.30
Piedra	802.36
Aditivo	14.3
Aire	-

Tabla 40: Peso en obra para diseño de obra r a/c = 0.28.⁹²

- **Peso Unitario En Obra**

Para calcular el peso unitario en obra se hace una división del WO del diseño de obra entre

⁹² Fuente: Elaboración propia.

peso del cemento 714.29 kg. (ver tabla 41)

INSUMOS	W.U.O. (g)=(f/d)
Cemento	1
Agua	0.27
Arena	0.89
Piedra	1.12
Aditivo	0.02
Aire	-
Σ tanda	3.30

Tabla 41: Peso unitario en obra para diseño de obra r a/c = 0.28.⁹³

- **Peso Unitario en Obra Para Una Bolsa de Cemento**

Para obtenerlo multiplicamos el WO de Diseño de obra por 42.5 kg que es el peso de una bolsa de cemento. Viene a ser un artificio para luego llevar los datos a pie cúbico y presentar el diseño en forma estándar conocida. (ver tabla 42)

INSUMOS	W.U.O. * 42.5 h=g*(42.5 bol.)
Cemento	42.50
Agua	11.38
Arena	37.80
Piedra	47.74
Aditivo	0.85
Aire	-

Tabla 42: Peso unitario en obra para una bolsa de cemento, en diseño de obra r a/c = 0.28.⁹⁴

- **Volumen (Pie3)**

Para este cálculo hago lo siguiente:

En cuanto al cemento entiendo que el peso unitario en obra de 42.5 kg es 1 pie3.

El agua no tiene variación en este punto por lo que sigue dando 11.38 lt.

⁹³ Fuente: Elaboración propia.

⁹⁴ Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la arena y piedra utilizo la siguiente formula con artificio:

$$\begin{aligned} \text{Varena} &= \frac{\text{WUO arena}}{\text{PUS arena}} \text{ m}^3 * 35.31 \frac{\text{pie}^3}{1\text{m}^3} \\ \text{Varena} &= \frac{37.80}{1621.42} \text{ m}^3 * 35.31 \frac{\text{pie}^3}{1\text{m}^3} = \mathbf{0.82 \text{ pie}^3} \\ \text{Vpiedra} &= \frac{\text{WUO piedra}}{\text{PUS piedra}} \text{ m}^3 * 35.31 \frac{\text{pie}^3}{1\text{m}^3} \\ \text{Varena} &= \frac{47.74}{1452.57} \text{ m}^3 * 35.31 \frac{\text{pie}^3}{1\text{m}^3} = \mathbf{1.16 \text{ pie}^3} \end{aligned}$$

Concerniente al Volumen del aditivo para el Volumen de diseño en obra sigo la siguiente formula:

$$\begin{aligned} \text{Vol. aditivo} &= \frac{\text{WUO aditivo kg m}^3}{\text{PE aditivo kg}} * \frac{1000\text{lt}}{1\text{m}^3} \\ \text{Vol. aditivo} &= \frac{0.85 \text{ kg m}^3}{1080 \text{ kg}} * \frac{1000\text{lt}}{1\text{m}^3} = \mathbf{0.79 \text{ lt.}} \end{aligned}$$

Por lo tanto obtenemos resultados para la siguiente tabla: (ver tabla 43)

INSUMOS	VOL (pie3)
Cemento	1
Agua	11.38
Arena	0.82
Piedra	1.16
Aditivo	0.79
Aire	-

Tabla 43: Volumen por pie3 de diseño de obra r a/c = 0.28.⁹⁵

- **Peso Unitario En Obra Para Una Tanda De Prueba**

Conozco y comprendo que para 10 probetas de 4" de diámetro y 8" de altura más desperdicio de 15% necesito 72 Kg. De concreto, estos son divididos entre la sumatoria de la tanda de

⁹⁵ Fuente: Elaboración propia.

WUO para diseño en obra 3.30, con lo cual obtenemos un factor $F = 21.81$ kg, el cual será multiplicado por WUO, para obtener la tanda a usar en la prueba de diseño de concreto, que en este caso es para una relación de 0.28. Por lo tanto los cálculos son los siguientes:

$$\text{WUO Tanda} = \text{WUO} * F$$

En el caso del aditivo este resultado es en kg, por lo que es necesario utilizar este artificio:
(ver tabla 44)

$$\text{WUO Tanda} = (\text{WUO} * F) * 1000 \text{ lt} * 1000 \text{ ml/1 lt}$$

$$\text{WUO Tanda} = (0.02 * 21.81) * 1000 \text{ lt} * 1000 \text{ ml/1 lt} = \mathbf{403.97 \text{ ml}}$$

INSUMOS	W.U.O.* F (tanda) (kg)
	(i)=(g*F)
Cemento	21.81
Agua	5.84
Arena	19.40
Piedra	24.50
Aditivo	403.97
Aire	-

Tabla 44: Peso unitario en obra para una tanda de prueba $r/a/c = 0.28$.⁹⁶

⁹⁶ Fuente: Elaboración propia.

3.3 PRESENTACIÓN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS

Finalmente se presenta los diseños de mezclas corregidos para la fabricación de un concreto de alta resistencia para edificios a gran altura. Con relaciones de agua y cemento de 0.31 según tablas del ACI 211 como concreto patrón, y dos experimentales con relación de 0.33 y 0.28.

A continuación el Aporte de materiales en los diseños de mezclas para un metro cubico de concreto: (ver tabla 45)

INSUMOS	R a/c = 0.33 (kg)	R a/c = 0.31 (kg)	R a/c = 0.28 (kg)
Cemento	606.1	645.2	714.3
Agua	190.73	190.97	191.32
Arena	678.64	663.46	635.30
Piedra	857.09	835.96	802.36
Aditivo	12.1	12.9	14.3

Tabla 45: Aporte de materiales en los diseños de mezclas para un metro cubico de concreto⁹⁷

Para calcular el coeficiente de aporte de los elementos se realizó cálculos, partiendo como base que el cemento tendrá como coeficiente la unidad para cada caso su respectivo peso de cemento como divisor. Entonces al dividir cada peso por m3 corregido en obra entre el peso del cemento obtenemos los siguientes aportes volumétricos: (ver tabla 46)

INSUMOS	R a/c = 0.33	R a/c = 0.31	R a/c = 0.28
Cemento	1	1	1
Agua	0.31	0.30	0.27
Arena	1.12	1.03	0.89
Piedra	1.41	1.30	1.12
Aditivo	0.02	0.02	0.02

Tabla 46: Coeficientes de aportes volumétricos en obra de los diseños de concreto⁹⁸

⁹⁷ Fuente: Elaboración propia.

⁹⁸ Fuente: Elaboración propia.

El diseño en cuanto a volúmenes por pie 3 se obtuvo: (ver tabla 47)

INSUMOS	R a/c = 0.33	R a/c = 0.31	R a/c = 0.28
Cemento	1	1	1
Agua	13.38	12.75	11.38
Arena	1.04	0.95	0.82
Piedra	1.46	1.34	1.16
Aditivo	0.79	0.79	0.79

Tabla 47: Volúmenes en pies cúbicos de los diseños de concreto⁹⁹

Entonces los aportes volumétricos por pie 3 de los elementos en las mezclas se presentan así:

DISEÑO: C : A : P : Agua : Aditivo : R a/c

DISEÑO PATRON =

1 : 0.95 : 1.34 : 12.75 lt/bl. : 0.79 lt/bl. : R a/c = 0.31

DISEÑO EXPERIMENTAL 1 =

1 : 1.04 : 1.46 : 13.38 lt/bl. : 0.79 lt/bl. : R a/c = 0.33

DISEÑO EXPERIMENTAL 2 =

1 : 0.82 : 1.16 : 11.38 lt/bl. : 0.79 lt/bl. : R a/c = 0.28

⁹⁹ Fuente: Elaboración propia.

3.2. ELABORACIÓN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS

El vaciado de mezclas se realizó en el Laboratorio de materiales de la UCV Lima Norte, para lo cual se siguió el siguiente procedimiento:

En primer lugar tenía que recordar los pesos en cada dosificación calculada que se necesitará para llenar las 10 probetas donde se realizará el vaciado, es por ello que estas son mis dosificaciones: (ver tabla 48)

INSUMOS	PESO DE MATERIALES PARA UNA TANDA (Kg)		
	Dosificación R a/c = 0.33	Dosificación R a/c = 0.31	Dosificación R a/c = 0.28
Cemento	18.61	19.73	21.81
Agua	5.86 lt	5.92 lt	5.84 lt.
Arena	20.84	20.32	19.40
Piedra	26.32	25.65	24.50
Aditivo	344.65 ml.	365.74 ml.	403.97 ml.

*Tabla 48: Dosificaciones para mezclas de concreto.*¹⁰⁰

- Se procedió a la habilitación de material según cálculos del anterior ítem, para esto se usó una balanza electrónica y tarando la bandeja que contendrá los elementos para un pesaje preciso:

Dosificación - R a/c = 0.31: (ver imagen 26, 27)

A continuación las imágenes de los pesajes y trabajo hecho en los laboratorios, para certeza y confiabilidad:

¹⁰⁰ Fuente: Elaboración propia.



Imagen 26: Dosificación - $r/a/c = 0.31$.¹⁰¹



Imagen 27: Materiales y equipos para dosificación - $r/a/c = 0.31$.¹⁰²

¹⁰¹ Fuente: Elaboración propia.

¹⁰² Fuente: Elaboración propia.

Dosificación - R a/c = 0.33: (ver imagen 28,29)

A continuación las imágenes de los pesajes y trabajo hecho en los laboratorios, para certeza y confiabilidad:



*Imagen 28: Dosificación - r a/c = 0.33.*¹⁰³



*Imagen 29: Materiales y equipos para dosificación - r a/c = 0.33.*¹⁰⁴

¹⁰³ Fuente: Elaboración propia.

¹⁰⁴ Fuente: Elaboración propia.

Dosificación - R a/c = 0.28: (ver imagen 30,31)

A continuación las imágenes de los pesajes y trabajo hecho en los laboratorios, para certeza y confiabilidad:



*Imagen 30: Dosificación - r a/c = 0.28.*¹⁰⁵



*Imagen 31: Materiales y equipos para dosificación - r a/c = 0.33.*¹⁰⁶

¹⁰⁵ Fuente: Elaboración propia.

¹⁰⁶ Fuente: Elaboración propia.

- Se mezclan los materiales para cada dosificación usando un trompo mecánico, antes de ello primero debemos tener en cuenta estas recomendaciones: (ver imagen 32,33,34)
 - Humedecer el trompo y carretilla, sin dejar agua acumulada para no afectar los diseños.
 - Se procede a mezclar los materiales iniciando con la arena y piedra por un tiempo de 2 minutos.
 - Mezclamos el aditivo en un aproximado de mitad de agua para agregar y mezclar por unos 3 minutos.
 - Se agrega el cemento con el cuidado necesario para no perder material al igual que en los pasos anteriores. Luego se mezcla unos 8 a 10 minutos para dejar que el aditivo con el agua reaccionen y nos den la plasticidad necesaria para obtener un buen Slump.



Imagen 32: Mezcla para dosificación - $r a/c = 0.31$.¹⁰⁷



Imagen 33: Mezcla para dosificación - $r a/c = 0.33$.¹⁰⁸

¹⁰⁷ Fuente: Elaboración propia.

¹⁰⁸ Fuente: Elaboración propia.



Imagen 34: Mezcla para dosificación - $r a/c = 0.28$.¹⁰⁹

- **ENSAYO DE CONCRETO FRESCO SLUMP:** Luego se procedió a vaciar el producto ya hecho concreto en la carretilla humedecida para iniciar con los trabajos de asentamiento Slump. Para esto se vertió la pasta dentro del cono de Abrams, el cual se puso en una base plana los cuales también deben de estar humedecidos, se conserva el cono de modo firme contra la base o bloqueándolas para evitar un movimiento del cono o vibración de la placa. El cono se llenó en 3 capas, chuceando 25 veces con una varilla cada 1/3 de la altura del cono, y lo mismo para el segundo y tercer tercio según lo establece la norma ASTM C192¹¹⁰, una vez llenado hasta el tope se enraza y se levantó el cono verticalmente entre 5 y 8 segundos, luego se mide la distancia entre la altura superior del cono y el centro de la cara superior de la mezcla, obteniéndose los siguientes resultados: (ver imagen 35,36) (ver tabla 49)



Imagen 35: Proceso de slump¹¹¹

¹⁰⁹ Fuente: Elaboración propia.

¹¹⁰ American Society for Testing and Materials: Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Concreto para Ensayo en Laboratorio.

¹¹¹ Fuente: Elaboración propia.



Imagen 36: Medidas de slump¹¹²

	ASENTAMIENTO	
	Cm	pulg
Dosificación 1 - R a/c 0.31	22.5	9"
Dosificación 2 - R a/c 0.33	24.2	9 3/4"
Dosificación 3 - R a/c 0.28	20.5	8 1/4"

Tabla 49: Asentamientos para mezclas de concreto.¹¹³

- ENSAYO DE CONCRETO FRESCO CONTENIDO DE AIRE:** En consecuencia del proceso se decidió calcular la cantidad de aire por el método de presión en el concreto fresco, para lo cual se llenó el recipiente en 3 capas, chuceando con una varilla 25 veces y 12 golpes con un mazo de goma a cada 1/3 de la altura de la probeta, según lo establece la norma ASTM C231¹¹⁴. Luego se cubrió con la tapa con la válvula de medición y se inyecta agua por un orificio a través de vasos comunicantes con una pipeta hasta llegar en el mismo nivel entre ambas válvulas, luego se inyecta aire para generar presión, esta presión debe llegar a la calibración del equipo, en nuestro caso fue -2, por último se libera la presión excedida y se observa la cantidad de aire en el concreto. Aquí se obtuvieron los siguientes resultados: (ver imagen 37,38) (ver tabla 49)

¹¹² Fuente: Elaboración propia.

¹¹³ Fuente: Elaboración propia.

¹¹⁴ American Society for Testing and Materials: Método de Ensayo Normalizado de Contenido de Aire del Concreto Recién Mezclado Mediante el Método por Presión.



Imagen 37: Proceso de contenido de aire ¹¹⁵



Imagen 38: Medidas de contenido de aire ¹¹⁶

DOSIFICACIÓN N°	PESO DE CONCRETO MAS OLLA KG.	CONTENIDO DE AIRE (%)
Dosificación - R a/c 0.31	20.780	1 %
Dosificación - R a/c 0.33	20.654	1.1 %
Dosificación - R a/c 0.28	20.690	0.9 %

Tabla 50: Contenido de aire. ¹¹⁷

¹¹⁵ Fuente: Elaboración propia.

¹¹⁶ Fuente: Elaboración propia.

¹¹⁷ Fuente: Elaboración propia.

- ENSAYO DE CONCRETO FRESCO PROBETAS 4" x 8": Se inicia con tener de ante mano las probetas lubricadas para que en un posterior secado sea más fácil el retiro de concreto endurecido, luego se llena en 3 capas o 3/3, chuceando con una varilla a cada 1/3 de la altura de la probeta con 25 golpes, y con un mazo de hule se da un promedio de 12 golpes externos, según lo establece la norma ASTM C192¹¹⁸. Una vez llenado hasta el tope se aplana con la varilla y se da el acabado superior mediante una espátula.



Imagen 39: Proceso y culminado de probetas ¹¹⁹

- Finalmente se dejó secar el concreto en la probeta por un tiempo de 24 horas, luego se retiró cuidadosamente los especímenes cilíndricos (testigos) de concreto seco, se etiquetó para tener un control de los ensayos, aquí van datos de la fecha en que se hicieron y un código que garantiza el buen control de días de rotura, luego se dejan en una posa de curado, donde se tenía agua potable incorporada con cal, para posteriormente realizar las pruebas de

¹¹⁸ American Society for Testing and Materials: Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Concreto para Ensayo en Laboratorio.

¹¹⁹ Fuente: Elaboración propia.

compresión a los 3, 7, 14, y 28 días respectivamente. (ver imagen 39,40)



Imagen 40: Curado de probetas ¹²⁰

La nomenclatura que se le dio a cada cilindro de concreto guarda relación a los días en que se va a hacer el ensayo por compresión, como se observa en la siguiente tabla: (ver tabla 50)

DOSIFICACIÓN N°	Nomenclatura de Especímenes cilíndricos de acuerdo a su ensayo de compresión a los:			
	3 días	7 días	14 días	28 días
Dosificación - R a/c 0.31	0.31 – 3a 0.31 – 3b	0.31 – 7a 0.31 – 7b	0.31 – 14a 0.31 – 14b	0.31 – 28a 0.31 – 28b
Dosificación - R a/c 0.33	0.33 – 3a 0.33 – 3b	0.33 – 7a 0.33 – 7b	0.33 – 14a 0.33 – 14b	0.33 – 28a 0.33 – 28b
Dosificación - R a/c 0.28	0.28 – 3a 0.28 – 3b	0.28 – 7a 0.28 – 7b	0.28 – 14a 0.28 – 14b	0.28 – 28a 0.28 – 28b

Tabla 51: Nomenclatura de probetas. ¹²¹

¹²⁰ Fuente: Elaboración propia.

¹²¹ Fuente: Elaboración propia.

3.3. ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS

Se realizó el ensayo de compresión en el laboratorio de concreto de la universidad Cesar Vallejo, con la supervisión y asesoramiento del técnico de turno. Para ello se ocupó también el curado en el mismo lugar, este ensayo de concreto endurecido se llevó a cabo de acuerdo a la norma NTP 339.034-2015¹²².

En primer lugar se saca el testigo de concreto de la piscina y se deja en estado superficialmente seco como indica la norma, luego se pesó y midió cada testigo. Con estos datos ya se preparaba almohadillas de neopreno para lograr una altura óptima de rotura, pero también como base en ambos lados (ver imagen 39), se coloca en la máquina respetando la excentricidad y se procede a operar para romper el testigo. Con esta rotura se obtienen datos como Carga Máxima, Esfuerzo, y el Tipo de Rotura.

Las toma de cargas y el tipo de rotura los podemos visualizar en las imágenes siguientes: son los siguientes: (ver imagen 41, 42, y 43)



*Imagen 41: Preparación de probetas*¹²³

¹²² Norma Técnica Peruana: Ensayo de resistencia a la compresión

¹²³ Fuente: Elaboración propia.

El tipo de rotura por lo general era Cónico o cónico vertical, para cada ensayo se llevó a cabo el peso y las medidas antes del ingreso a la máquina de compresión.



Imagen 42: Rotura De Probetas ¹²⁴

Estas son algunos de los resultados al instante de la compresión hechas en laboratorio: (ver imagen 43)



Imagen 43: Resultados de rotura de probetas ¹²⁵

¹²⁴ Fuente: Elaboración propia.

¹²⁵ Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN R A/C 0.33

A continuación los resultados en compresión para una dosificación de R a/c = 0.33, también se puede ubicar dentro de ella los promedios y el porcentaje respecto a los 600 kg/cm² que era la meta para la presente tesis.

Edad (días)	Peso (Kg)	Altura y diámetro de testigos (cm.)	Carga (KN)	Carga (Kg)	f'c (Mpa)	f'c (Kg/cm ²)	f'c Promedio (Kg/cm ²)	% Respecto a 600 (Kg/cm ²)
3	4.024	20.1 x 10	416.7	42491.6	52.0	530.3	524	87
	3.978	20.2 x 10	407.3	41533.0	50.8	518.0		
7	3.951	20.2 x 10	423.6	43195.2	52.8	538.4	550	92
	4.001	20.2 x 10	441.9	45061.3	55.1	561.9		
14	3.968	20.1 x 10	445.8	45462.0	56.8	579.0	577	96
	4.034	20.2 x 10	442.5	45119.0	56.3	574.0		
28	3.99	20.1 x 10	480.1	48956.0	61.1	623.0	616	103
	4.008	20.2 x 10	469.4	47863.0	59.7	609.0		

Tabla 52: Rotura de probetas de dosificación - r a/c = 0.33.¹²⁶

Del mismo modo se encuentra a continuación la gráfica de compresión versus la cantidad de días de curado para el diseño con relación a/c 0.33.

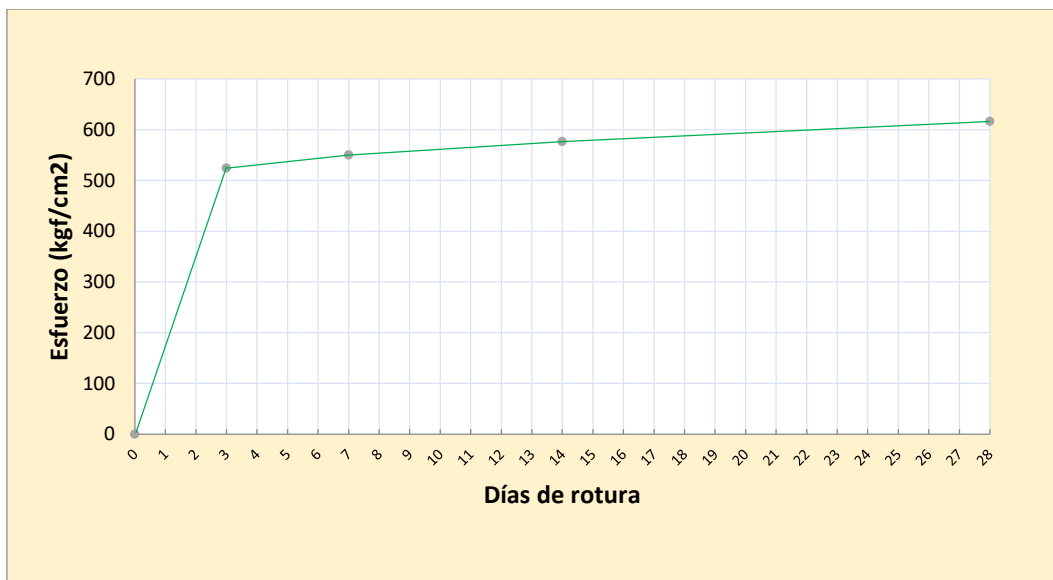


Imagen 44: Compresión versus días de rotura de probetas r a/c = 0.33¹²⁷

¹²⁶ Fuente: Elaboración propia.

¹²⁷ Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN R A/C 0.31

A continuación los resultados en compresión para una dosificación de R a/c = 0.31, también se puede ubicar dentro de ella los promedios y el porcentaje respecto a los 600 kg/cm² que era la meta para la presente tesis.

Edad (días)	Peso (Kg)	Altura y diámetro de testigos (cm.)	Carga (KN)	Carga (Kg)	f'c (Mpa)	f'c (Kg/cm ²)	f'c Promedio (Kg/cm ²)	% Respecto a 600 (Kg/cm ²)
3	3.987	20.1 x 10	427.5	43592.9	53.3	543.5	527	88
	4.003	20.1 x 10	401.4	40931.4	50.1	510.9		
7	3.909	20.2 x 10	433.8	44235.3	54.1	551.7	555	92
	3.982	20.1 x 10	429.5	43795.0	54.7	558.0		
14	3.984	20.1 x 10	484.9	49446.0	60.5	616.9	603	101
	3.992	20.1 x 10	463.3	47243.5	57.8	589.4		
28	3.997	20.1 x 10	494.7	50443.0	63.0	642.0	648	108
	3.983	20.0*10	503.8	51378.0	64.1	654.0		

Tabla 53: Rotura de probetas de dosificación - r a/c = 0.31. ¹²⁸

Del mismo modo se encuentra a continuación la gráfica de compresión versus la cantidad de días de curado para el diseño con relación a/c 0.33.

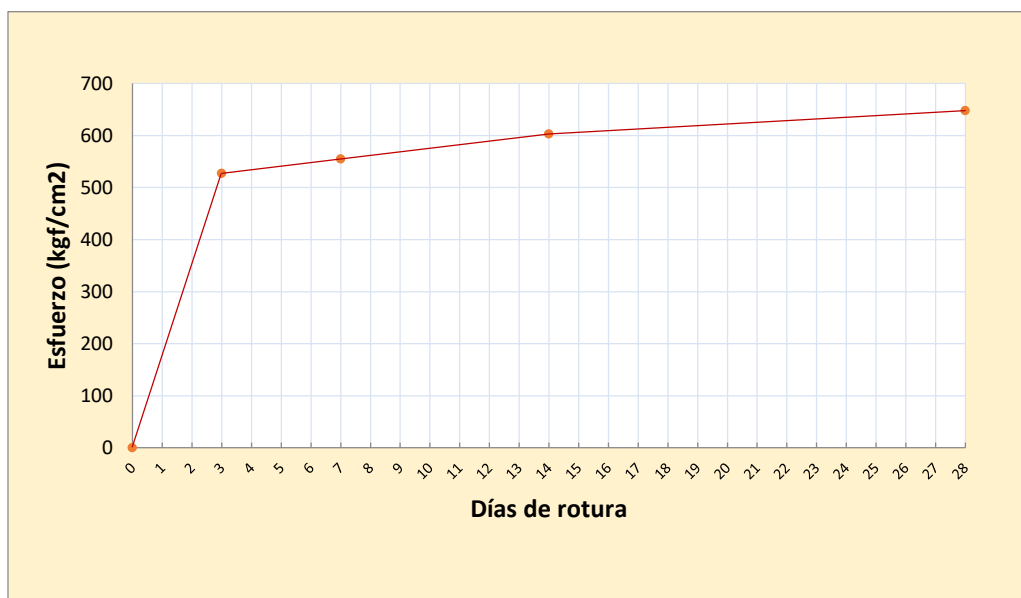


Imagen 45: Compresión versus días de rotura de probetas r a/c = 0.31 ¹²⁹

¹²⁸ Fuente: Elaboración propia.

¹²⁹ Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN R A/C 0.28

A continuación los resultados en compresión para una dosificación de R a/c = 0.31, también se puede ubicar dentro de ella los promedios y el porcentaje respecto a los 600 kg/cm² que era la meta para la presente tesis.

Edad (días)	Peso (Kg)	Altura y diámetro de testigos (cm.)	Carga (KN)	Carga (Kg)	f'c (Mpa)	f'c (Kg/cm ²)	f'c Promedio (Kg/cm ²)	% Respecto a 600 (Kg/cm ²)
3	3.948	20.2 x 10	425.3	43369.0	54.1	552.00	535	89
	4.007	20.2 x 10	398.2	40604.0	50.7	517.00		
7	4.008	20.2 x 10	439.5	44820.0	56.0	571.00	568	95
	4.057	20.1 x 10	444.1	45285.6	55.4	564.92		
14	4.063	20.1 x 10	503.3	51325.4	62.8	640.38	608	101
	3.965	20.1 x 10	453.0	46193.1	56.5	576.14		
28	4.023	20.1 x 10	526.51	53689.0	67.08	684	669	111
	4.015	20.1 x 10	502.71	51262.0	64.04	653		

Tabla 54: Rotura de probetas de dosificación - r a/c = 0.28.¹³⁰

Del mismo modo se encuentra a continuación la gráfica de compresión versus la cantidad de días de curado para el diseño con relación a/c 0.28

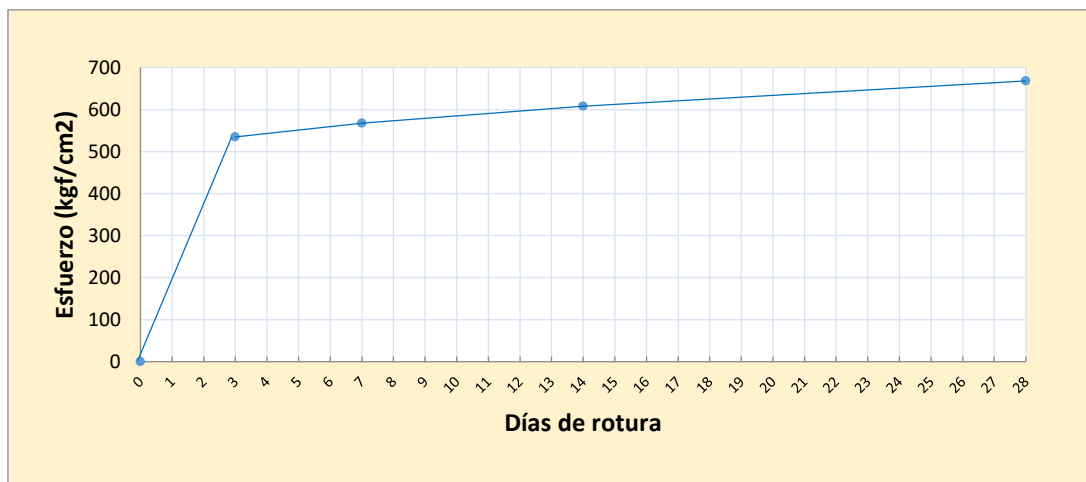


Imagen 46: Compresión versus días de rotura de probetas r a/c = 0.28¹³¹

¹³⁰ Fuente: Elaboración propia.

¹³¹ Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 RESUME DE COMPRESIÓN DE LAS TRES DOSIFICACIONES

Luego se hizo un resumen de los resultados de las dosificaciones con respecto a las resistencias de concreto en compresión a los 28 días. A continuación los resultados en compresión de cada dosificación trabajada, versus la cantidad de días de curado.

Edad (días)	f'c Promedio (Kg/cm ²)		
	Compresión de diseño 2 R a/c 0.33	Compresión de diseño 1 R a/c 0.31	Compresión de diseño 3 R a/c 0.28
3	524	527	535
7	550	555	568
14	577	603	608
28	616	648	669

Tabla 55: Resumen de roturas de compresión.¹³²

Se hizo un cuadro comparativo de las deformaciones en los días de curado, desde los cero días hasta los 28 días de curado, cada curva tiene un recorrido distinto pero no son tan distantes, ya que la variación de relaciones de agua y cemento con muy parecidas. (ver imagen 46)

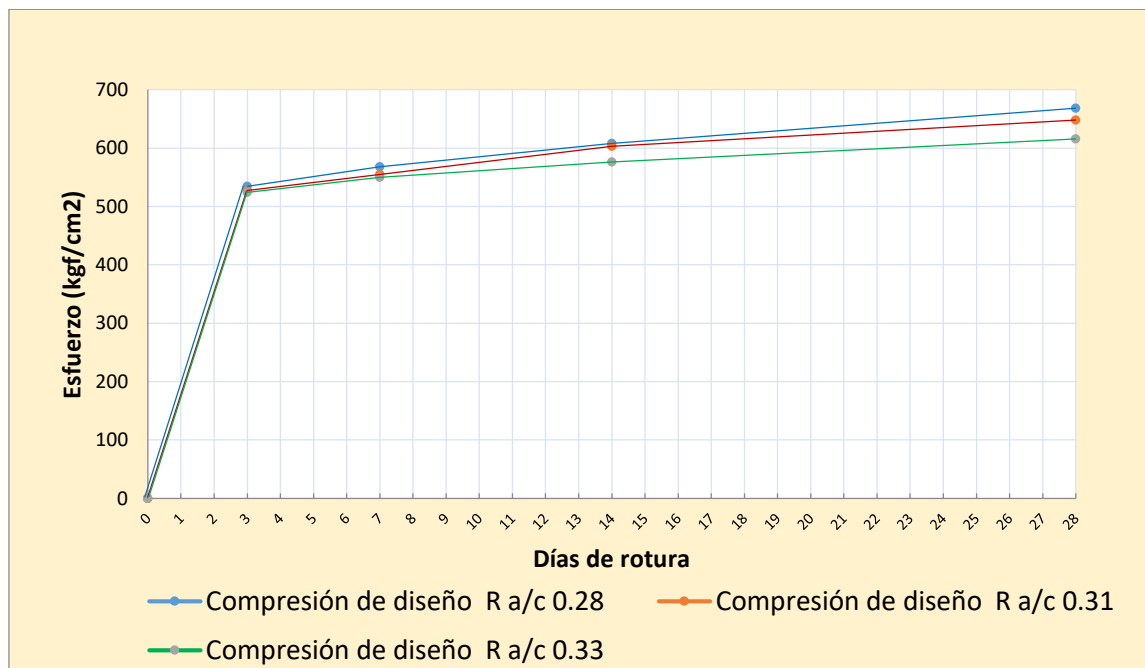


Imagen 47: Resultados de rotura de probetas¹³³

¹³² Fuente: Elaboración propia.

¹³³ Fuente: Elaboración propia.

Se presenta a continuación dos cuadros que llevan la comparación de las tres dosificaciones con respecto a la compresión (ver imagen 44) y los porcentajes de logro (ver imagen 45), ambos versus la cantidad de 28 días de curado

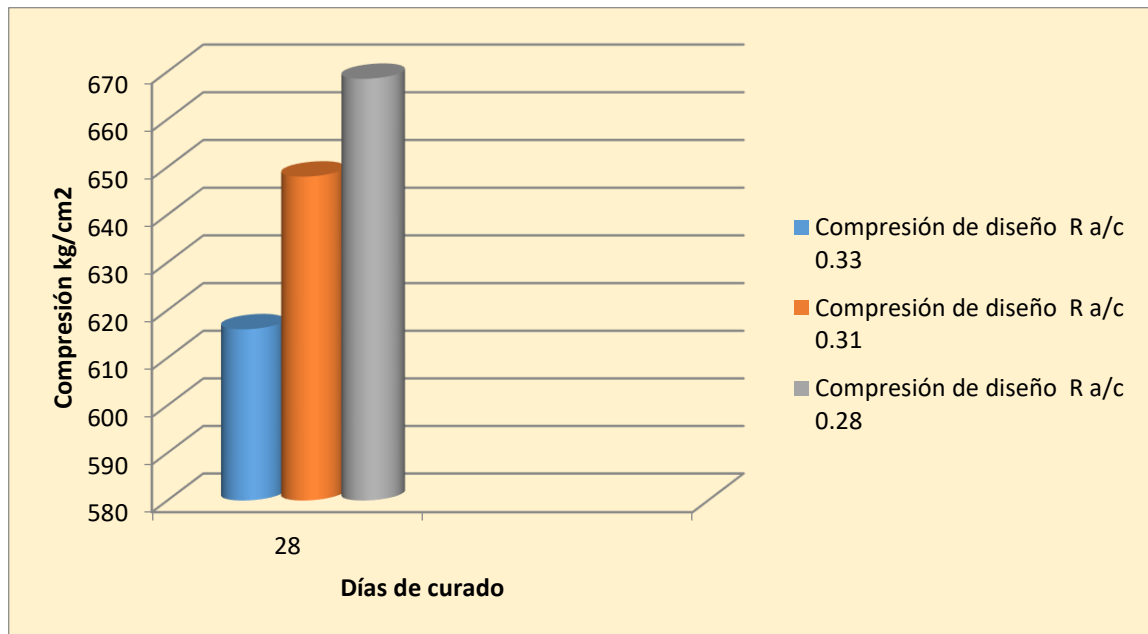


Imagen 48: Compresión de rotura de probetas en las tres dosificaciones para 28 días de curado ¹³⁴

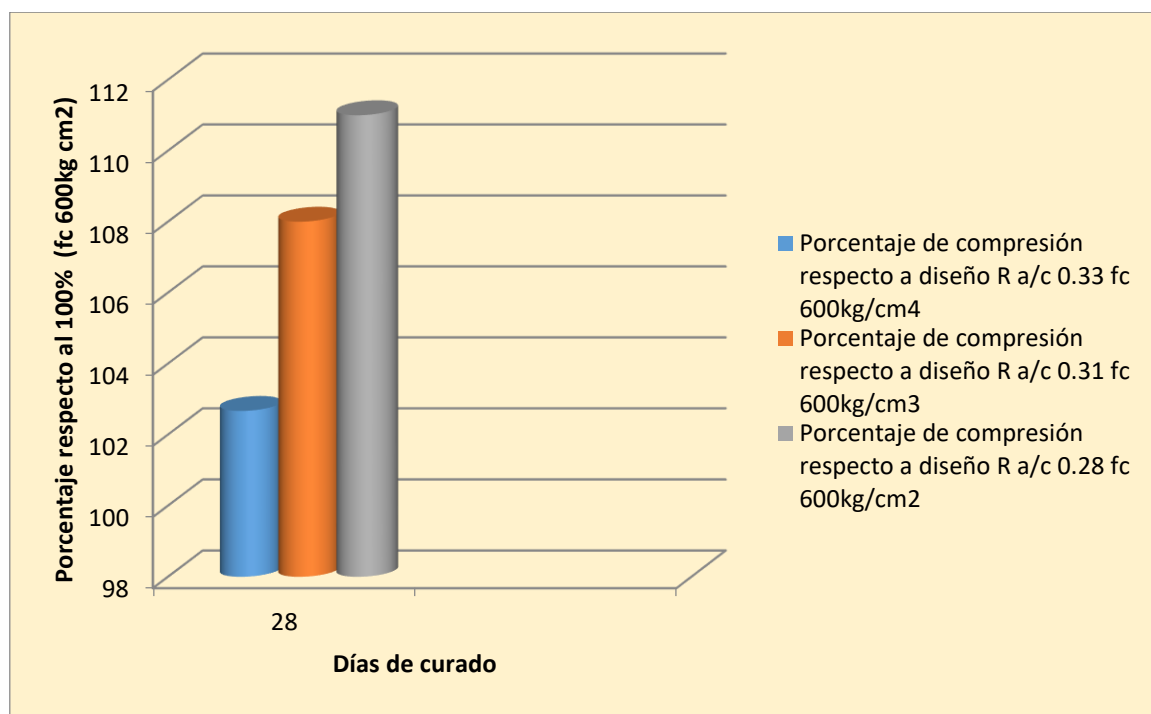


Imagen 49: Resumen de porcentajes de rotura de probetas en las tres dosificaciones para 28 días de curado ¹³⁵

¹³⁴ Fuente: Elaboración propia.

¹³⁵ Fuente: Elaboración propia.

3.4. ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD

El ensayo de módulo de elasticidad se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Ingeniería, para ello se hizo ensayos de deformación (ver anexo Elasticidad, carga vs deformaciones), con los cuales se obtuvieron curvas de deformación en milímetros versus la carga de rotura en nuestras probetas cilíndricas de concreto.

Luego en laboratorio se midieron los esfuerzos máximas y esfuerzo correspondiente al 40%, para poder obtener el esfuerzo correspondiente al 40%, del mismo modo se halla la deformación unitaria longitudinal producido por el esfuerzo correspondiente al 40%.

La norma correspondiente a usar fue el ASTM Designación C469 – 02¹³⁶. Ello nos dice que el módulo de elasticidad se obtiene de la siguiente manera:

$$E = (S2 - S1) / (\epsilon - 0.000050)$$

Dónde:

E = módulo de elasticidad, psi

S2 = esfuerzo correspondiente el 40% de la carga ultima.

S1 = esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, ϵ_1 de 50 millonésimas.

ϵ_2 = deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S2.

Con esta fórmula se definieron los módulos de elasticidad de las tres dosificaciones. A continuación los cálculos y curvas correspondientes.

¹³⁶ Fuente: American Society of Testing Materials, ó Asociación Americana de Ensayo de Materiales

3.4.1 MÓDULO ELASTICIDAD PARA DISEÑO CON RELACION A/C 0.33 PROBETA A

Con este ensayo hallamos el módulo de elasticidad con la norma ASTM C-469

área probeta (cm)	80			
carga máxima	carga al 40%	Mm	cm	deformación unitaria cm
23497.94368	5399.177471	2.8014	0.28014	0.0138
51.896	0.6487	0.0028	0.00028	1.37931E-05

S2=	5399.17747
S1=	0.6487
E2=	0.0138
V	0.00005

E= 392620.274 psi

En la siguiente imagen se observa cómo se comporta la deformación versus la deformación de esta probeta trabajada:

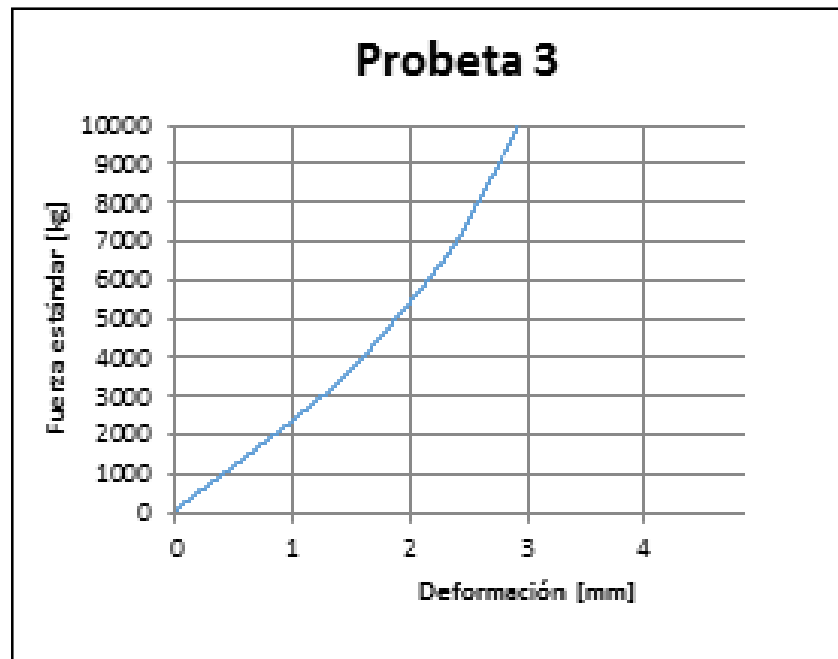


Imagen 50: Módulo elasticidad para diseño con Relación a/c 0.33 A, Norma ASTM C-469¹³⁷

¹³⁷ Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 MÓDULO ELASTICIDAD PARA DISEÑO CON RELACION A/C 0.33 PROBETA B

Con este ensayo hallamos el módulo de elasticidad con la norma ASTM C-469

área probeta (cm)	80			
carga	carga al 40%	mm	cm	deformación unitaria cm
22051.98131	8820.792523	5.8169	0.58169	0.02865468
12.988	0.16235	0.0729	0.00729	0.000359113

S2=	8820.79252
S1=	0.16235
E2=	0.02865468
V	0.00005

E= 308363.185 psi

En la siguiente imagen se observa cómo se comporta la deformación versus la deformación de esta probeta trabajada:

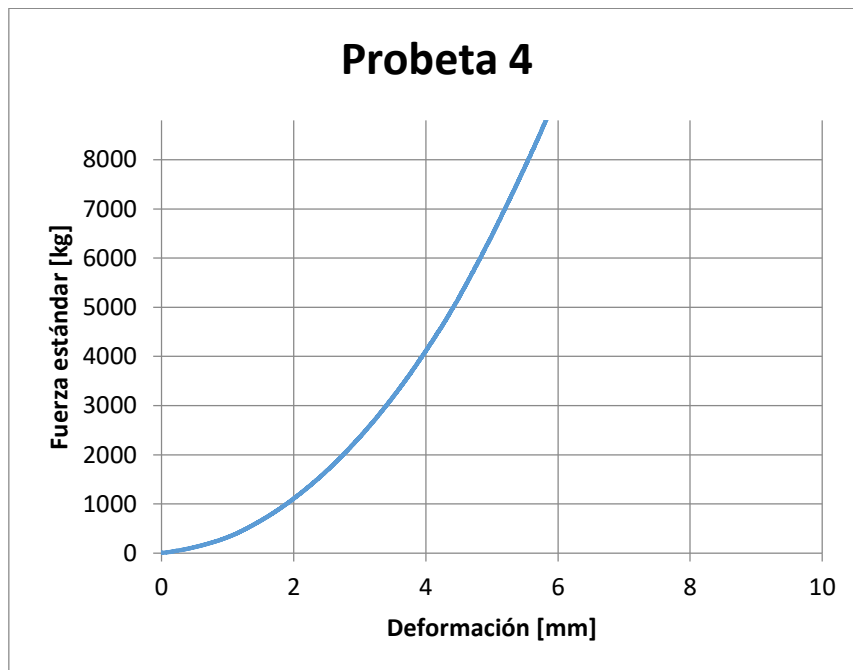


Imagen 51: Módulo elasticidad para diseño con relación a/c 0.33 b, norma astm c-469¹³⁸

¹³⁸ Fuente: Elaboración propia.

3.4.3 MÓDULO ELASTICIDAD PARA DISEÑO CON RELACION A/C 0.31 PROBETA A

Con este ensayo hallamos el módulo de elasticidad con la norma ASTM C-469

área probeta (cm)	80			
carga	carga al 40%	mm	cm	deformación unitaria cm
33394.14135	13357.65654	7.377	0.7377	0.036339901
8.22	0.10275	0.1105	0.01105	0.000544335

S2=	13357.6565
S1=	0.10275
E2=	0.0363399
V	0.00005

E= 368079.087 Psi

En la siguiente imagen se observa cómo se comporta la deformación versus la deformación de esta probeta trabajada:

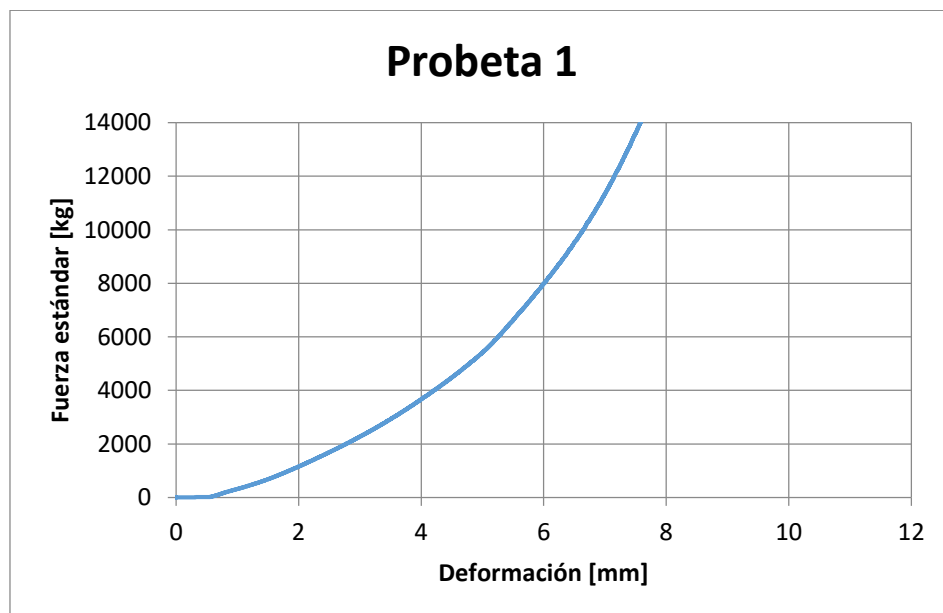


Imagen 52: Módulo elasticidad para diseño con Relación a/c 0.31 A, Norma ASTM C-469¹³⁹

¹³⁹ Fuente: Elaboración propia.

3.4.4 MÓDULO ELASTICIDAD PARA DISEÑO CON RELACION A/C 0.31 PROBETA B

Con este ensayo hallamos el módulo de elasticidad con la norma ASTM C-469

área probeta (cm)	80			
carga	carga al 40%	mm	cm	deformación unitaria cm
25738.62666	10295.45066	5.1976	0.51976	0.025603941
52.1128	0.65141	0.029	0.0029	0.000142857

S2=	10295.4507
S1=	0.65141
E2=	0.02560394
V	0.00005

E= 402865.425 psi

En la siguiente imagen se observa cómo se comporta la deformación versus la deformación de esta probeta trabajada:



Imagen 53: Módulo elasticidad para diseño con Relación a/c 0.31 B, Norma ASTM C-469¹⁴⁰

¹⁴⁰ Fuente: Elaboración propia.

3.4.5 MÓDULO ELASTICIDAD PARA DISEÑO CON RELACION A/C 0.28 PROBETA A

Con este ensayo hallamos el módulo de elasticidad con la norma ASTM C-469

área probeta (cm)	80			
carga	carga al 40%	mm	cm	deformación unitaria cm
40560.52207	16224.20883	6.2898	0.62898	0.030984236
145.958	1.824475	0.2346	0.02346	0.001155665

S2=	16224.2088
S1=	1.824475
E2=	0.03098424
V	0.00005

E= 524415.218 psi

En la siguiente imagen se observa cómo se comporta la deformación versus la deformación de esta probeta trabajada:

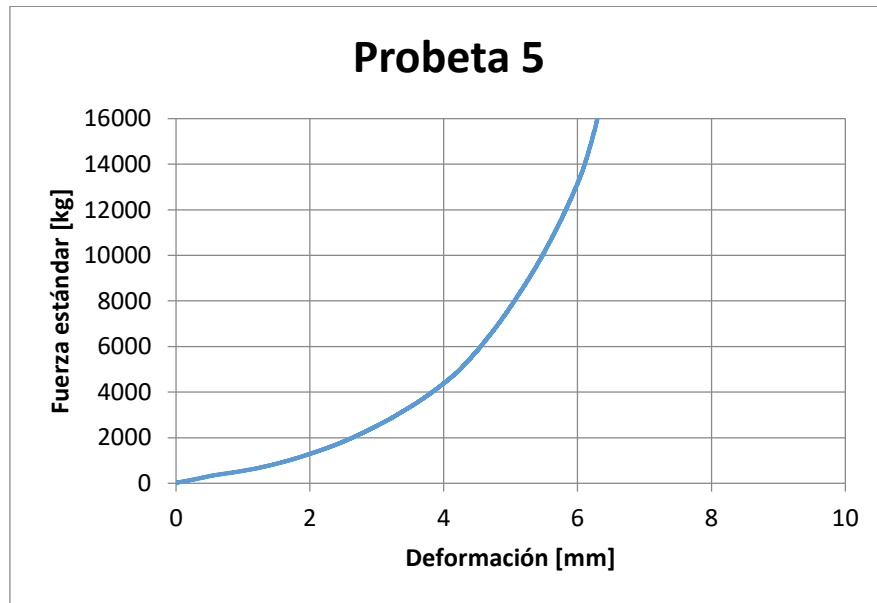


Imagen 54: Módulo elasticidad para diseño con Relación a/c 0.28 A, Norma ASTM C-469¹⁴¹

¹⁴¹ Fuente: Elaboración propia.

3.4.6 MÓDULO ELASTICIDAD PARA DISEÑO CON RELACION A/C 0.28 PROBETA B

Con este ensayo hallamos el módulo de elasticidad con la norma ASTM C-469

área probeta (cm)	80			
carga	carga al 40%	mm	cm	deformación unitaria cm
37755.41342	15102.16537	4.1428	0.41428	0.020407882
59.719	0.7464875	0.2128	0.02128	0.001048276

S2=	15102.1654
S1=	0.7464875
E2=	0.02040788
V	0.00005

E= 741797.16 psi

En la siguiente imagen se observa cómo se comporta la deformación versus la deformación de esta probeta trabajada:



Imagen 55: Módulo elasticidad para diseño con Relación a/c 0.28 B, Norma ASTM C-469¹⁴²

¹⁴² Fuente: Elaboración propia.

3.4.4 RESUMEN DE RESULTADOS PARA MÓDULO ELASTICIDAD EN LAS TRES DOSIFICACIONES

A continuación el resumen de módulos de elasticidad de los tres diseños, sacando promedios y comparando con un módulo de elasticidad de un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

	Módulo de elasticidad	Promedio de módulos de elasticidad (psi)
Relación a/c 0.33	392620.2743	350491.73
	308363.1851	
Relación a/c 0.31	368079.0866	385472.26
	402865.4249	
Relación a/c 0.28	524415.218	633106.19
	741797.1598	
Concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	223943.5511	

Tabla 56: Resumen de módulos de elasticidad.¹⁴³

A continuación se muestra el gráfico de comparación de los módulos de elasticidad trabajados, así como un promedio de módulo de elasticidad para un concreto de $f_c 210 \text{ kg/cm}^2$.

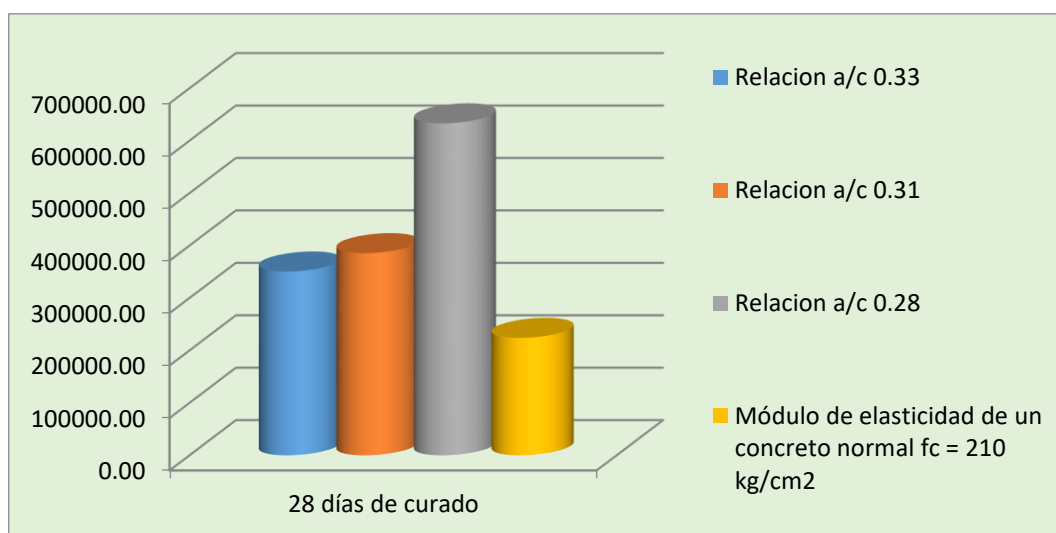


Imagen 56: Módulo de elasticidad de probetas en las tres dosificaciones para 28 días de curado¹⁴⁴

¹⁴³ Fuente: Elaboración propia.

¹⁴⁴ Fuente: Elaboración propia.

IV. DISCUSIÓN

Discusión N°1: (BEDÓN LOPEZ, 2017), en su tesis titulada “DISEÑO ÓPTIMO PARA OBTENER CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA PARA OBRAS CIVILES EN ZONAS ALTO ANDINAS DEL PERÚ”, presentada ante la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA, concluye el uso de aditivo superplastificante en su concreto patrón le hizo dar un resultado de compresión de 585 kg/cm², y con el uso de un aditivo superplastificantes al 1.6% logra un 108% de resistencia con referencia al patrón a los 28 días, y con una variación de 2.3% de aditivo llega al 125% respecto de la resistencia del patrón, el concluye que el resultado de su trabajo es oportuno para utilización en concretos armados. Por lo tanto esta tesis guarda relación con mi investigación al lograr un concreto confiable para utilizarlo en edificios a gran altura, puedo rescatar que su información concuerda con los resultados dados por el uso del Superplastificante SIKA 700PE en mi tesis, logrando mejorar mecánicamente el concreto con una dosis de 2% respecto al peso del cemento, y con una marcada tendencia a lograr altas resistencias a la compresión superiores a los 500 kg/cm² en los primeros 3 días. También podemos destacar que el objetivo de esta tesis en mención era que estos tipos de proyectos deben ser hechos con materiales que se encuentren fáciles en la zona para brindar de cierta forma información fácil y útil a quienes quieran realizar este concreto, por lo tanto guarda relación en cuanto a nuestra tesis, ya que a su vez ambos planteamos que una tesis no solo debe llevar información a quienes más saben, sino también pueda desarrollarse de una forma práctica ajustándose a los requerimientos de obras civiles locales o incluso dentro país, lo cual ayuda a que cualquiera que lea las tesis pueda entenderlas y aplicar los diseños de manera sencilla. Estas dos razones concluyen que mi hipótesis general se cumple a cabalidad.

Discusión N°2: (MORATAYA CÓRDOVA, 2005), presenta una tesis con el nombre “CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (EXPERIMENTACIÓN EN (GUATEMALA))”, ante la UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, ésta investigación tiene como objetivo “evaluar concretos de alta resistencia utilizando cemento, agregados y aditivos locales en Guatemala”, en el mismo sentido supera resistencias que pasas los 630kg/cm² a 28 días para concretos con aditivos superplastificantes. También concluye que en cuanto a aditivos reductores de agua y superplastificantes registran asentamientos que van de 6” a 9” pulgadas. Del mismo modo concuerda con (VARGAS CALLE, 1995), que en su tesis titulada “INCORPORACIÓN DEL ADITIVO MICRO-SILICE F-100T DRY

EMSAC Y EL SUPERPLASTIFICANTE PSP-N2 PROTEX PARA LA OBTENCION DE CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA”, presentada ante la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, presenta una investigación que en todas las mezclas se obtuvieron asentamientos requeridos, En las mezclas con micro sílice el superplastificante juega el papel más importante para obtener los asentamientos. Por lo tanto, de ambas tesis mencionadas podemos destacar que sus resultados concuerdan con los nuestros respecto a que la trabajabilidad no sería posible con el uso de un superplastificantes, el cual no solo mejora las propiedades mecánicas sino también los asentamientos de entre 8 y 9 pulgadas de Slump, ayudando inmensamente a la trabajabilidad de la mezcla. Del mismo en la presente tesis como en las mencionadas se reconoce que en climas calurosos la temperatura del medio influye la mezcla, ya que tiende a secarse más rápido ocasionando pérdidas de asentamiento, lo que implicará mayores dosificaciones o adiciones de superplastificante.

Discusión N°3: (TEJADA SILVA, 2016), en su tesis titulada “INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y EL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN EL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA”, presentada ante la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, concluye que utilizó el Sika Viscocrete – 20 HE y Plastol 5000, los cuales son dos superplastificantes que le generó resultados de más del 100% a los 7 días, pasando sobre los 600 kg/cm² con solo una dosis de 1.6% y 2% respectivamente. Si contrastamos esa información podemos indicar que confirma con nuestra investigación ya que utilizamos SikaPlast 700 PE un superplastificante en base al Viscocrete, con una dosis del 2% y .también se puede ver un crecimiento de la resistencia rápidamente a los 3 días, por lo tanto cabe dar razón a la veracidad en ambas tesis en cuanto a la resistencia a la compresión con el uso de superplastificantes.

V. CONCLUSIONES

1) Se desarrolló 3 dosificaciones de concreto con la misma dosis de aditivo 2% respecto al peso del cemento, una dosificación como patrón con relación agua cemento 0.31, y otras dos con dosificaciones modificadas en cuanto a la relación de agua y cemento, los cuales fueron con relación 0.28 y 0.33. Se logra en los tres casos un concreto de alta resistencia a la compresión, con valores superiores al 100% respecto de la meta de 600 kg/cm² en los tres casos. Por esa razón se puede concluir que se han logrado todos los objetivos y alcanzado favorablemente la hipótesis general. Ya que si diseñamos un concreto de alta resistencia como el de esta investigación, se podría mejorar las propiedades mecánicas del concreto para edificios a gran altura, ya que mecánicamente se demuestra una mejor resistencia a la compresión y módulo de elasticidad. Respecto a ser de fácil obtención también se ha logrado, ya que en esta tesis los agregados, cemento, aditivo y agua son materiales convencionales y accesibles en nuestra localidad, es decir que se pueden encontrar en la zona, razón por la cual la tesis no solo cumple éticamente en ser un estudio para aporte a la ingeniería civil, sino también ser un aporte a la sociedad.

2) El diseño de concreto de alta resistencia presentado mejora la trabajabilidad de la mezcla, y es debido al uso de este superplastificante que hemos utilizado, con su uso busco también una venta masiva en el país debido a la calidad del producto, el cual se vende en nuestro país solo a empresas concreteras mientras que en otros países es de fácil obtención para la ciudadanía. Concluyo que una dosis óptima de relación agua cemento sería 0.31 y con aditivo al 2% del cemento, debido a que su trabajabilidad es óptima con un asentamiento de 9". Ya que el concreto de relación agua cemento 0.28 con slump de 8 ¼" es demasiada pastosa para ser utilizado por personal no calificado y es que siendo la cantidad de agua mucho menor afecta en el tiempo de secado disminuyéndola, y con respecto a la relación de agua cemento 0.33 tiene un buen asentamiento de 9 ¾", pero al no tener basta diferencia con el de 0.31 en cuanto a costo y trabajabilidad, es mejor usar una relación 0.31 ya que mejora la compresión y elasticidad.

3) Respecto a los ensayos de compresión a los 28 días se concluye que el concreto patrón de relación agua cemento 0.31 logró hasta un 108%. Así mismo para el concreto de relación 0.33 un 103%, y para el concreto de relación 0.28 un 111%. Todos estos porcentajes

respecto a los 600 kg/cm² como 100% que se esperaba superar. Se obtuvo concretos de altas resistencias en los tres casos, concluyo que son diseños que logran compresiones muy altas rápidamente a los 3 días, con resistencias a la compresión con valores superiores a los 500 kg/cm² en esa cantidad de tiempo, en los tres casos con adiciones de aditivo SikaPlast 7000PE al 2%, posteriormente a los 14 días en los casos 0.31 y 0.33, superaron los 600 kg/cm², y esto se da debido a que el uso de superplastificante hace un concreto más denso con una pasta más homogénea y una buena distribución de agregados.

4) Los concretos de alta resistencia debido a su densidad y compresión de agregados también pueden ser considerados concretos impermeables, siendo esta una característica quizás no tan relevante, pero que cabe mencionar debido a la experimentación observada, del mismo modo se puede considerar un concreto con una vida útil más extendida por el aguante ante la agresión de agentes químicos externos. Este concreto no requiere de maquinaria especial para su realización, pues su proceso de elaboración se rige al mismo de un concreto tradicional, solamente requiere mayor control de calidad entre los materiales y el tiempo de ejecución, con este tipo de concreto podríamos lograr también reducir secciones transversales de estructuras, logrando directamente un mejor uso de cemento en obra y nivelando el gasto de superplastificante en el concreto, ya que el peso de un concreto de alta resistencia comparado a un concreto convencional de 210 kg/cm² es parecido, por lo cual se puede concluir que podríamos obtener estructuras más esbeltas y con mejor rendimiento, así mismo sería beneficioso en cuanto a concretos para cimentación por su resistencia a la compresión.

VI. RECOMENDACIONES

- 1) Se debe tener especial cuidado en no aumentar las cantidades de agua, para no agrandar la relación de agua/cemento debido a que este tipo de concretos son muy sensible en ese aspecto, por lo cual sería recomendable tener un personal calificado para supervisar ese tema.
- 2) La buena elección de agregados debe ser el trabajo inicial y base para obtener concretos de alta resistencia, ahí se basan los puntos críticos de proceso.
- 3) Es importante recomendar que el tiempo de batido de la mezcla deba ser prolongada para dejar que el aditivo tenga reacción con la poca agua que llevan los concretos de baja relación de agua cemento.
- 4) Se tiene que tomar en cuenta el tiempo de mezclado y el colocado del concreto, ya que por el uso de mucho cemento, poca agua, y el aditivo, estos concretos pierden su humedad muy fácilmente. Para tal caso y por experiencia se recomendaría utilizar un aditivo retardante como el Sika TM30 para vaciados prolongados o a gran escala.
- 5) Se recomienda no utilizar materiales en estados de demasiada humedad pues podrían aumentar la relación de agua cemento, bajando la resistencia y modificando el diseño.
- 6) El superplastificante, el cemento y los agregados son los materiales que más cuidado debemos tener en cuanto a su elección y a las condiciones de almacenamiento, evitando posibles cambios en sus propiedades ya que pueden afectar los resultados de la investigación.
- 7) Se recomienda el uso de vibrador para lograr un concreto con mayor homogeneidad, y manejar la trabajabilidad.
- 8) Para los ensayos a compresión es importante colocar las probetas en el centro de los apoyos de la máquina, respetando la excentricidad, verificando que no haya residuos en las caras del cilindro, y lo que es aún más importante hacer la rotura a una velocidad baja o normalizada, debido a que la rotura es muy explosiva.
- 9) Se puede concluir también que este tipo de concretos tiene una forma de rotura

vitrificada en los primeros días.

10) Realizar la mezcla en condiciones de temperaturas bajas, ya que en forma contraria afecta la trabajabilidad y fraguado.

11) Este tipo de concretos de alta resistencia son muy sensibles a los cambios de temperatura, por lo cual se recomienda que el curado de concreto sea a una temperatura promedio de 23 grados centígrados.

12) Se encarga también el uso de guantes de protección y no tener contacto directo con el concreto por su alta cantidad de cemento. Ya que como todo procedimiento requiere del cumplimiento de normas y condiciones mínimas de seguridad.

13) Se debe cerciorar la medición de aditivo superplastificante en peso, pues de esta manera se tendrá mejor precisión que medirlo en volumen.

14) La experimentación de la presente tesis se llevó a cabo con solo un aditivo para demostrar que no es complicado obtener este tipo de concreto, en el futuro recomendaría el experimentar con el uso de aditivo Sika TM30 como retardante para mejorar el colocado de concreto en cuanto al tiempo de vaciado, del mismo modo agregar un Sika TM 100 para aumentar incluso más la resistencia.

15) Continuar con este tipo de investigaciones, ya que fortalecen y ayudan no solo a los diseños de concreto locales, sino que son referentes y marcan iniciativas para el uso de este tipo de concretos de alta resistencia en nuestro medio, medio que actualmente conoce muy poco del tema debido a la poca investigación que existe.

REFERENCIAS

- ACI 116R, American Concrete Institute. 2000. Terminología del cemento y del concreto. 2000.
- Ansotegui, Carmen, Gómez, Fernando y Gonzalez, Raul. 2015. Ética de las finanzas. 2015.
- Carrera, Jorge. 1980. Concreto Liviano Empleando vidrio volcánico como agregado. Lima : s.n., 1980.
- Cenapred. 2018. Cenapred. [En línea] 2018. [Citado el: 28/05/2018 de Mayo de 2018.] <http://www.cenapred.unam.mx>.
- CHILUISA SERRANO, Jaime Roberto. 2014. HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA ($f_c = 50\text{MPa}$) UTILIZANDO AGREGADOS DEL SECTOR DE PIPO Y CEMENTO ARMADURO ESPECIAL - LAFARGE. Quito Ecuador : UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, 2014.
- Codensa. 2017. Likinormas. [En línea] 2017. [Citado el: 28 de 09 de 2017.] <http://likinormas.micodensa.com/Home/DownloadPDF/449>.
- Edelnor. 2005. Especificaciones Técnicas de postes de Concreto. Lima : s.n., 2005.
- ESCOBEDO PORTAL, Gioconda. 2014. Incidencia de la nanosílice en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con cemento portland tipo I. Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.
- Flores, Miguel. 2009. Estudio teórico experimental de postes tronco cónico de concreto armado. Lima : s.n., 2009.
- Hernandez, Roberto. 2014. Metodología de la investigación 6ta Edición. México DC : McGraw-Hill, 2014.
- HUINCHO SALVATIERRA, Edher. 2011. Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsíllice y nanosíllice con cemento portland tipo I. Lima : Universidad nacional de ingeniería., 2011.
- Ibarcená, Rolando. 2013. Uso de concreto ligero con agregados de roca volcánica en la fabricación de unidades de albañilería no estructural. Arequipa : s.n., 2013.
- INDECOPI. 2008. Comisión de reglamentos técnicos y comerciales. Norma Técnica Peruana. Lima : s.n., 2008.
- kj, mn. ggh.
- Kosmatka, Steven, y otros. 2004. Diseño y control de mezclas de concreto. EE.UU : s.n., 2004.

- Lara, Erica. 2013. Fundamentos de investigación 2da edición. México DC : Alfaomega, 2013.
- LÓPEZ YÉPEZ, LUCIO GUILLERMO. 2011. INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE ADICIÓN DE LA MICROSILICE Y DEL TIPO DE CURADO, EN LA PENETRACIÓN DEL ION CLORURO EN EL CONCRETO DE ALTO DESEMPEÑO. BOGOTÁ D.C. : UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2011.
- Mancipe, Jeimi, Pereira, Laura y Bermúdez, Diego. 2007. Diseño de concretos de alta resistencia a partir de una puzolana natural. Bogotá : s.n., 2007.
- Martínez, Diego. 2010. Concreto liviano estructural con arcilla expandida termicamente extraída de canyteras localizadas en el Sur de la sabana de Bogotá. Bogotá : s.n., 2010.
- Ministerio de Economía y Competitividad. 2017. Ciudad ciencia. [En línea] 2017. [Citado el: 13 de 10 de 2017.] http://www.ciudadciencia.es/doc/files/FICHA_CLASIFICACION%20DE%20ROCAS_C C.pdf.
- MORATAYA CÓRDOVA, CARLOS EDUARDO. 2005. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (EXPERIMENTACIÓN EN GUATEMALA). Guatemala : Universidad San Carlos de Guatemala, 2005.
- National Ready Mixed Concrete Association. www.nrmca.org. www.nrmca.org. [En línea] www.nrmca.org.
- Neville, Adam. 1998. Tecnología del concreto . San Diego-USA : s.n., 1998.
- Ortega, Juan. 1990. Concreto armado I. Lima : s.n., 1990.
- Osorio, Diego. 2017. Blog 360 grados en concreto. [En línea] 2017. [Citado el: 25/11/2017 de Noviembre de 2017.] <http://blog.360gradosenconcreto.com/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-lacompresion/>.
- Paez, Alfredo. 1986. Hormigón armado. Barcelona : s.n., 1986.
- Palacios, Samuel. 2012. La investigación en el tratamiento educativa de la diversidad. Madrid : s.n., 2012.
- PÉREZ MONTESINOS, Jorge Mijaíl y ROMERO LÓPEZ, Juan Carlos. 2014. Diseño de mezclas de concreto de alta resistencia. . Cusco : Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2014.
- Rivera, Gerardo. 1998. Concreto simple. Cauca-Colombia : s.n., 1998.
- Romero, Andrés y Hernandez, Johan. 2014. Diseño de mezclas de hormigón por el

método ACI y efectos de la adición de cenizas volantes de termotasajero en la resistencia. Bogotá : s.n., 2014.

- Salinas, Pedro. 2013. Metodología de la investigación. México DC : s.n., 2013.
- Sampieri, Roberto. 2014. Metodologia de la investigación. México DC : s.n., 2014.
- Sanchez, Diego. 1991. Tecnologia del concreto y del mortero. Bogotá : s.n., 1991.
- Segura, Jorge. 2007. Concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraída de canteras localizadas en el sur de la sabana de Bogotá. Bogotá : s.n., 2007.
- Seminario, Oswaldo. 2003. Evaluación de la Corrosión en Postes de Concreto Armado de la Urbanización los Tallanes. Piura : s.n., 2003.
- Terreros, Carlos. 2006. materiales de construcción. Guayaquil : s.n., 2006.
- Valderrama Mendoza, Santiago. 2015. Pasos para elaborar proyectos de investigacion científica. Lima : San Marcos de Anibal Jesus Paredes Galvan, 2015. 978-612-302-878-7.
- Valdés, Sergio. 2010. Recomendaciones para el diseño estructural del concreto ligero. México D.C. : s.n., 2010.
- VARGAS CALLE, Eddy Lino. 1995. INCOROPORACIÓN DEL ADITIVO MICRO-SILICE F-100T DRY EMSAC Y EL SUPERPLASTIFICANTE PSP-N2 PROTEX PARA LA OBTENCION DE CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA. Lima : Universidad Nacional de Ingenieria Civil, 1995.

ANEXOS

ANEXO 1 – OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>- ¿Cómo diseño un concreto de alta resistencia utilizando cemento, agregados, agua y aditivos locales, que pueda superar una resistencia de concreto de 600 kg/cm² y que sea fácil de elaborarlo en mi localidad?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>- Diseñar un concreto de alta resistencia de fácil elaboración en nuestra localidad para que sea óptimo al utilizarlo en edificios a gran altura.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL</p> <p>- Si se diseña un concreto de alta resistencia, entonces se mejoran las propiedades mecánicas del concreto para edificios a gran altura, a su vez publicándolo logramos el beneficio a ser de fácil obtención en nuestra localidad.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>- Diseño de mezcla de concreto de alta resistencia.</p>	<p>- Agregados</p> <p>- Agua</p> <p>- Cemento</p> <p>- Aditivos</p>	<p>- Propiedades físicas óptimas.</p> <p>- Fácil ubicación en nuestra localidad.</p>	<p>- Recolección de agregados y caracterización granulométrica de los mismos. ASTM C-136.</p> <p>- Análisis de características físicas del agregado contenido de humedad ASTM C-70.</p> <p>- Análisis de características físicas del agregado Peso unitario suelto ASTM C-29.</p> <p>- Análisis de características físicas del agregado Peso unitario compactado ASTM C-29.</p> <p>- Análisis de características físicas del agregado Peso específico y absorción ASTM C-127.</p> <p>- Cálculos de rendimiento del concreto fresco.</p> <p>- Ensayo de resistencia a la compresión NTP 339.034.</p> <p>- Cálculo de módulo de elasticidad con ASTM C469-02</p> <p>- Diseño de mezclas en Excel del concreto de alta resistencia ACI 211 4R-93.</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>- ¿El efecto de Trabajabilidad que obtengo de mi mezcla es óptimo para utilizarlo el diseño en edificios de gran altura?</p> <p>- ¿Cuáles son los resultados a la compresión de mi diseño de concreto de alta resistencia para edificios de gran altura?</p>	<p>OBJETIVO ESPECÍFICO</p> <p>- Calcular un diseño de mezcla de concreto de alta resistencia que pueda superar una resistencia a la compresión de 600 kg/cm².</p> <p>- Analizar que el concreto de alta resistencia planteado mejore la trabajabilidad de la mezcla resultante mediante el uso de aditivos.</p>	<p>HIPOTESIS ESPECÍFICO</p> <p>- El diseño de concreto de alta resistencia planteado cumple de manera óptima con la Trabajabilidad de la mezcla resultante.</p> <p>- El diseño de mezcla de concreto de alta resistencia planteado supera una resistencia a la compresión de 600 kg/cm².</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>- Edificios a gran altura.</p>	<p>- Elementos de concreto armado de alta resistencia.</p> <p>- Costo del concreto.</p>	<p>- Características geométricas</p> <p>- Esbeltez</p> <p>- Ligereza</p> <p>- Costo y presupuesto del diseño resultante en un metro cúbico, referencia CAPECO.</p>	<p>- Análisis de características físicas del agregado Peso específico y absorción ASTM C-127.</p> <p>- Cálculos de rendimiento del concreto fresco.</p> <p>- Ensayo de resistencia a la compresión NTP 339.034.</p> <p>- Cálculo de módulo de elasticidad con ASTM C469-02</p> <p>- Diseño de mezclas en Excel del concreto de alta resistencia ACI 211 4R-93.</p>

Tabla 57: Operacionalización de variables. ¹⁴⁵

¹⁴⁵ Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2 - MATRÍZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿Cómo diseño un concreto de alta resistencia utilizando cemento, agregados, agua y aditivos locales, que pueda superar una resistencia de concreto de 600 kg/cm² y que sea fácil de elaborarlo en mi localidad?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Diseñar un concreto de alta resistencia de fácil elaboración en nuestra localidad para que sea óptimo al utilizarlo en edificios a gran altura.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL</p> <p>Si se diseña un concreto de alta resistencia, entonces se mejoran las propiedades mecánicas del concreto para edificios a gran altura, a su vez publicándolo logramos el beneficio a ser de fácil obtención en nuestra localidad.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Diseño de mezcla de concreto de alta resistencia.</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>¿El efecto de Trabajabilidad que obtengo de mi mezcla es óptimo para utilizarlo el diseño en edificios de gran altura?</p> <p>¿Cuáles son los resultados a la compresión de mi diseño de concreto de alta resistencia para edificios de gran altura?</p>	<p>OBJETIVO ESPECÍFICO</p> <p>. Calcular un diseño de mezcla de concreto de alta resistencia que pueda superar una resistencia a la compresión de 600 kg/cm²</p> <p>. Analizar que el concreto de alta resistencia planteado mejore la trabajabilidad de la mezcla resultante mediante el uso de aditivos</p>	<p>HIPOTESIS ESPECÍFICO</p> <p>El diseño de concreto de alta resistencia planteado cumple de manera óptima con la Trabajabilidad de la mezcla resultante.</p> <p>El diseño de mezcla de concreto de alta resistencia planteado supera una resistencia a la compresión de 600 kg/cm².</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Edificios a gran altura.</p>

Tabla 58: Matriz de consistencia. ¹⁴⁶

¹⁴⁶ Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3 – DISEÑOS DE CONCRETOS



LABORATORIO DE CONCRETO - HOJA DE CALCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS, COMITÉ ACI 211.4R-93
DISEÑO: F'c= 600 Kg/cm2 - Huso 3/4", Slump 3-4.

LABCON-002

1) ELIJO EL SLUMP Y RELACIÓN DE ARENA PIEDRA

Slump	3 a 4
(A, P)	0.47 0.53

2) ADITIVOS

Tipo	Superplastificante
Nombre	SIKAPLAST 700 PE
Dosis	0.3 a 2 % de Peso Cemento
Peso específico (P.e.)	1.08 gr/cm3 Kg/L

3) PESO ESPECIFICO CEMENTO Y AGUA

Nombre y tipo Cemento	SOL TIPO I
P.e. Cemento	3.12 gr/cm3
P.e. Agua	1.00 gr/cm3

10) CÁLCULO DE DISEÑO

INSUMOS	WS (Kg.)	P.e. (Kg/m3)	Vol. (m3)	W.U.S.	W.O. (Kg)	W.U.O.	W.U.O.	VOL. (pie3)	TANDA=W.U.O.*F
	(a)	(b)	(k)=(a/b)	(c)=(a/d)	(f)	(g)=(f/d)	h=g*(42.5 bol.)	(i)=(g*F)	
Cemento	606.06	3120	0.194	1	606.1	1	42.50	1	18.61
Agua	200.00	1000	0.200	0.33	190.73	0.31	13.38	13.38	5.86
Arena	671.86	2488.1	0.270	1.11	678.64	1.12	47.59	1.04	20.84
Piedra	838.32	2753.1	0.304	1.38	857.09	1.41	60.10	1.46	26.32
Aditivo	12.12	1080	0.011	0.02	12.1	0.02	0.85	0.79	344.65 ml
Aire	0.02	-	0.020	-	-	-	-	-	-
		parcial	0.425		tanda	3.87			

F =	KG concreto/tanda inc. desperdicio 1.15%
KG conc. =	72
F =	18.61

DISEÑO: Cemento 1 : Arena 0.82 : Piedra 1.16 : Agua 11.38 #/bl. : Aditivo 0.79 #/bl. : a/c = 0.28

CONTROL DE CALIDAD		DATOS PESO UNITARIO		PERDIDA DE TRABAJABILIDAD		RESISTENCIA A LA COMPRESION								
NTP 339.046		ASTM C-138				Edad (días)	Peso (Kg)	Atura y diámetro de testigos (cm.)	Carga (KN)	Carga (Kg)	F'c (Mpa)	F'c (Kg/cm2)	F'c Promedio (Kg/cm2)	% Respecto a 600 (Kg/cm2)
Inicio Mezclado	11:04:00 a.m.	Tara	3.4 Kg	Slump (pulg)	9 3/4"	3.00	4.024	20.1x10	416.7	42491.6	52.0	530.25	524	87
Fin Mezclado	11:25:00 a.m.	Volumen	0.00703 m3	Slump (cm)	24.20		3.978	20.2x10	407.3	41533.0	50.8	518.02		
Probetas 4"x 8"	10.00	Tara+Concreto	20.654 kg			7.00	3.951	20.2x10	423.6	43195.2	52.8	538.41	550	92
		P.U. Real	2454.34 kg/m3				4.001	20.2x10	441.9	45061.3	55.1	561.87		
		%de Aire	1.1 %			14.00	3.968	20.1x10	446.8	45462.0	56.8	579.00	577	96
		P.U.Teórico	2328.4 kg/m3			28.00	4.034	20.2x10	442.5	45119.0	56.3	574.00		
		Rendimiento	0.95				3.990	20.1x10	480.09	48956.0	61.10	623	616	103
							4.008	20.2x10	469.38	47863.0	59.72	609		

OBSERVACIONES:



1) ELIJO EL SLUMP Y RELACIÓN DE ARENA PIEDRA

Slump	3 a 4
(A, P)	0.47 0.53

2) ADITIVOS

Tipo	Superplastificante
Nombre	SIKA PLAST 700 PE
Dosis	0.3 a 2 % de Peso Cemento
Peso específico (P.e.)	1.08 gr/cm3 KgL

3) PESO ESPECIFICO CEMENTO Y AGUA

Nombre y tipo Cemento	SOL TIPO I
P.e. Cemento	3.12 gr/cm3
P.e. Agua	1 gr/cm3

10) CÁLCULO DE DISEÑO

INSUMOS	W/S (Kg.)	P.e. (Kg/m3)	Vol. (m3)	W.U.S.	W.O. (Kg)	W.U.O.	W.U.O.	VOL (pie3)	TANDA= W.U.O.*F (Kg)
	(a)	(b)	(k)=(a/b)	(c)=(a/d)	(f)	(g)=(f/d)	h=g*(42.5 bol.)		(i)=(g*F)
Cemento	646.20	3120	0.207	1	646.2	1	42.50	1	19.73
Agua	200	1000	0.200	0.31	190.97	0.30	12.75	12.75	5.92
Arena	656.83	2488.1	0.264	1.02	663.46	1.03	43.70	0.95	20.32
Piedra	817.64	2753.1	0.297	1.27	835.96	1.30	55.07	1.34	25.65
Aditivo	12.90	1080	0.012	0.02	12.90	0.02	0.85	0.79	365.74 ml
Aire	2%		0.020						
		parcial	0.489						tanda 3.65

F =	KG concreto/tanda inc. desperdicio 1.15 %
KG conc. =	72
F =	19.73

DISEÑO: Cemento 1 : Arena 0.95 : Piedra 1.34 : Agua 12.75 lb/l. : Aditivo 0.79 lb/l. : a/c = 0.31

CONTROL DE CALIDAD

Inicio Mezclado	11:55:00 a.m.
Fin Mezclado	12:18:00 p.m.
Probetas 4"x 8"	10.00

DATOS PESO UNITARIO PERDIDA DE TRABAJABILIDAD

Tara	3.4	Kg	Slump (pulg)	g"
Volumen	0.00703	m3	Slump (cm)	22.5
Tara+Concreto	20.780	kg		
P.U. Real	2472.26	kg/m3		
%de Aire	1.0	%		
P.U. Teórico	2332.6	kg/m3		
Rendimiento	0.94			

RESISTENCIA A LA COMPRESION

Edad (días)	Peso (Kg)	Altura y diámetro de testigos (cm.)	Carga (KN)	Carga (Kg)	F'c (Mpa)	F'c (Kg/cm2)	F'c Promedio (Kg/cm2)	% Respecto a 600 (Kg/cm2)
3.00	3.987	20.1x10	427.5	43692.9	53.3	543.51		
	4.003	20.1x10	401.4	40931.4	50.1	510.88	527	88
7.00	3.909	20.2x10	433.8	44235.3	54.1	551.67	555	92
	3.982	20.1x10	429.5	43795.0	54.7	558.00		
14.00	3.984	20.1x10	484.9	49446.0	60.5	616.93	603	101
	3.992	20.1x10	463.3	47243.5	57.8	589.40		
28.00	3.997	20.1x10	494.68	50443.0	62.96	642	648	108
	3.983	20.0x10	503.85	51378.0	64.14	654		

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE CONCRETO - HOJA DE CALCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS, COMITE ACI 211.4R-93
DISEÑO: F'c = 600 Kg/cm2 - Huso 3/4", Slump 3-4.

LABCON-003

1) ELIJO EL SLUMP Y RELACIÓN DE ARENA PIEDRA

Slump	3 a 4
(A, P)	0.47 0.53

2) ADITIVOS

Tipo	Superplastificante
Nombre	SIKAPLAST 700 PE
Dosis	0.3 a 2 % de Peso Cemento
Peso específico (P.e.)	1.08 gr/cm3 Kg/L

3) PESO ESPECIFICO CEMENTO Y AGUA

Nombre y tipo Cemento	SOL TIPO I
P.e. Cemento	3.12 gr/cm3
P.e. Agua	1 gr/cm3

10) CÁLCULO DE DISEÑO

INSUMOS	WS (Kg.)	P.e. (Kg/m3)	Vol. (m3)	W.U.S.	W.O. (Kg)	W.U.O.	W.U.O.	VOL (pie3)	TANDA= W.U.O.*F
	(a)	(b)	(k)=(a/b)	(c)=(a/d)	(f)	(g)=(f/d)	h=g*(42.5 bol.)		(i)=(a*F)
Cemento	714.29	3120	0.229	1	714.3	1	42.50	1	2181
Agua	200	1000	0.200	0.28	191.32	0.27	11.38	11.38	584
Arena	628.95	2488.1	0.253	0.88	635.30	0.89	37.80	0.82	19.40
Piedra	784.78	2753.1	0.285	1.10	802.36	1.12	47.74	1.16	24.50
Aditivo	14.29	1080	0.013	0.02	14.3	0.02	0.85	0.79	403.97 ml
Aire	2%	-	0.020	-	-	-	-	-	-
		parcial	0.462		tanda	3.30			

F =	Kg concreto/tanda inc. desperdicio 1.15%
KG conc. =	72
F =	2181

4) CALCULO DE F'cr (RNE B060 de CA)

F'cr = F'c + FS (factor de seguridad)
F'cr = F'c * 1.10 + 60
F'c = 600
F'cr = 710 kg/cm2

5) CANTIDAD DE AGUA, TABLA sin aire incorporado

SLUMP	3" 4"
TMN	3/4"
Agua	200 Lt.

6) AIRE ATRAPADO %

TMN	3/4"
Aire Atrap.	2 %

7) TABLA 4.3.5 (b) ACI 211.4R-93

F'cr	R a/c	0.28
Días		
TMN		

8) CANTIDAD DE CEMENTO según R a/c

(a/c) = a/c	c = a/(a/c)
a = 200	c = 714.29
a/c = 0.28	

9) CANTIDAD DE ADITIVO en kilos

Cantidad =	2%
A =	% * c
A =	14.29 kg

Humedad y Absorción	
Ha	1.01
Hp	2.24
Ab.a	1.34
Ab.p	0.87

Corrección por humedad	
Cha =	635.30
Chp =	802.36
Agua Libre	
Ala =	-2.08
Alp =	10.75
Peso unitario suelto KG/m3	
A =	1621.42
P =	1462.57
PE masa Kg/cm2	
PEa =	2498.1
PEp =	2753.1

DISEÑO: Cemento 1 : Arena 0.82 : Piedra 1.16 : Agua 11.38 lb/bl. : Aditivo 0.79 lb/bl. : a/c = 0.28

CONTROL DE CALIDAD		DATOS PESO UNITARIO		PERDIDA DE TRABAJABILIDAD		RESISTENCIA A LA COMPRESION								
		NTP 339.046 ASTM C-138				Edad (días)	Peso (Kg)	Altura y diámetro de testigos (cm.)	Carga (KN)	Carga (Kg)	F'c (Mpa)	F'c (Kg/cm2)	F'c Promedio (Kg/cm2)	% Respecto a 600 (Kg/cm2)
Inicio Mezclado	09:20:00 a.m.	Tara	3.4 Kg	Slump (pulg)	8 1/4"	3	3.948	20.2x10	425.30	43368.5	54.10	552.00		
Fin Mezclado	09:37:00 a.m.	Volumen	0.00703 m3	Slump (cm)	20.5	4	4.007	20.2x10	398.20	40605.1	50.70	517.00	535	89
Probetas 4"x 8"	10	Tara+Concreto	20.690 kg			7	4.008	20.2x10	439.50	44816.5	56.00	571.00	568	95
		P.U. Real	2459.46 kg/m3			14	4.057	20.1x10	444.10	45285.6	55.40	564.92		
		% de Aire	0.9 %			28	4.063	20.1x10	503.30	51322.3	62.90	640.38	608	101
		P.U. Teórico	2342.3 kg/m3				3.965	20.1x10	453.00	46193.1	56.50	576.14		
		Rendimiento	0.95				4.023	20.1x10	526.51	53689.1	67.08	684.00	669	111
							4.015	20.1x10	502.71	51262.2	64.04	653.00		

OBSERVACIONES:


ANEXO 4 - VALIDACIÓN DE FORMATOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

Solicitante:		Muestra:	
Proyecto:		Responsable:	
		Fecha:	

PLANILLA DE DATOS : AGREGADO FINO







1. CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO ASTM C-70					2. GRANULOMETRIA - MODULO DE FINEZA ASTM C-136					
Peso	Peso Seco	Contenido de Humedad		Promedio	Tamices		Peso	%		
Húmedo (g)	(g)	(%)		Humedad (%)	Abertura (mm)	Retenido (g)	Retenido	Acumulado	Que Pasa	
				0.00	N°4	4.75				
					N°8	2.36				
					N°16	1.18				
					N°30	0.60				
		0			N°50	0.30				
		0			N°100	0.15				
Promedio de Peso Unitario Suelto				0.000	N°200	0.075				
3. PESO UNITARIO SUELTO DE AGREGADO FINO ASTM C-29					4. PESO UNITARIO COMPACTO DE AGREGADO FINO ASTM C-29					
Peso Muestra + Molde (g)	Peso Molde (g)	Peso Muestra Suelto (g)	Volumen de Molde (cm³)	Peso Unitario Suelto (g/cm³)	Σ					
		0			Peso Inicial	0.00				
		0			% Error					
Promedio de Peso Unitario Compacto				0.000	Módulo de Fineza	0.00				
5. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO ASTM C-127										
Peso frasco	Peso Suelo	Peso frasco + Peso suelo SSS	Peso frasco + agua + SSS (4)	Volumen Agua (4-3) (5)	Peso Suelo Seco	Vol. de muestra (2-5) (7)	P.E. de la masa (6/(2-5))	P.E. SSS (2)/(2-5)	P.E. Aparente (6)/((2-5)-(2-6))	Absorción (%) ((2-6)/6)*100
1	SSS (2)	3	agua + SSS (4)	(4-3) (5)	6	(7)	(6/(2-5))	(2)/(2-5)	(6)/((2-5)-(2-6))	((2-6)/6)*100
		0.00		0.00						
		0.00		0.00						
Promedio de Peso Especifico a Absorción							0.00	0.00	0.00	0.00

INGENIERO CIVIL:	RAUL A. PINTO BARRANTES	 FIRMA SELLO: RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 51304
REGISTRO CIP. Y EMAIL:	51304	


LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES

Solicitante:		Muestra:	
Proyecto:		Responsable:	
		Fecha:	


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034

Tipo de fractura	     
------------------	---

Edad (Días)	Dosif. Nº	Identificación de la muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga Máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Promedio Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Tipo de fractura
7	1	1-1a	10	20		0.00	0.00	
		1-1b	10	20		0.00		
		1-1c	10	20		0.00		
14	1	1-2a	10	20		0.00	0.00	
		1-2b	10	20		0.00		
		1-2c	10	20		0.00		
28	1	1-3a	10	20		0.00	0.00	
		1-3b	10	20		0.00		
		1-3c	10	20		0.00		
		1-3d	10	20		0.00	0.00	
		1-3e	10	20		0.00		
		1-3f	10	20		0.00		
45	1	1-4a	10	20		0.00	0.00	
		1-4b	10	20		0.00		
		1-4c	10	20		0.00		
		2-4d	10	20		0.00	0.00	
		2-4e	10	20		0.00		
		2-4f	10	20		0.00		

INGENIERO CIVIL:	RAUL A. PINTO BARRANTES	 FIRMA SELLO RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 51304
REGISTRO CIP, Y EMAIL:	51304	

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON CEMENTO - Método ACI - 316				
CEMENTO PORTLAND				
Marca		Tipo de construcción		
Peso específico		Asentamiento máximo recomendado mm.		
		Resistencia del concreto (kg/cm ²)		
AGREGADO		GRUESO		FINO
		(PULG)	(mm)	
1.- Tamaño molde				
2.- Peso unitario Varillado (ASTM C-29) (kg/m ³)				
3.- Peso específico (saturado superficialmente seco)				
4.- humedad natural (%)				
5.- Absorción (%)				
6.- Módulo de fineza				
7.- Agua de mezclado (L)				
8.- Contenido aproximado de aire atrapado (%)				
9.- Relación agua/cemento				
10.- Relación agua/cemento (según condición de exposición)				
11.- Volumen de agregado grueso seco y compactado (m ³)				
12.- Cemento	Peso (kg)			
	volumen (m ³)			
13.- Aire	volumen (m ³)			
14.- Agregado grueso	Peso (kg)			
	volumen (m ³)			
	volumen corregido (método de Walker) (m ³)			
15.- Agregado fino	Peso (kg)			
	volumen (m ³)			
	volumen corregido (método de Walker) (m ³)			
Corrección del agua de mezclado				
16.- Aporte del agregado grueso (L)				
17.- Aporte del agregado fino (L)				
18.- Agua total del mezclado (L)				
	cemento	a. fino	a. grueso	agua
DOSIFICACION EN LABORATORIO (kg/m ³)				
DOSIFICACION EN OBRA (kg/m ³)				
RESULTADO - PROPORCIONES DE MEZCLA DE DISEÑO				
COMPONENTES DEL CONCRETO	PROPORCION EN PESO		PROPORCION EN VOLUMEN	
	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD
CEMENTO				
AGREGADO FINO				
AGREGADO GRUESO				
AGUA (L/bol)				
				N° Bolsas/m ³

INGENIERO CIVIL:	RAUL A. PINTO BARRANTES	 RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 51304
REGISTRO CIP. Y EMAIL:	51304	

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

Solicitante:		Muestra:	
Proyecto:		Responsable:	
		Fecha:	

PLANILLA DE DATOS : AGREGADO FINO

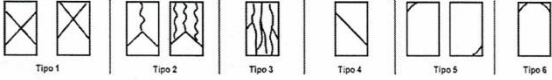
1. CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO ASTM C-70					2. GRANULOMETRIA - MODULO DE FINEZA ASTM C-136					
Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)	Contenido de Humedad (%)		Promedio Humedad (%)	Tamices		Peso	%		
				0.00	Abertura (mm)	Retenido (g)	Retenido	Acumulado Retenido	Que Pasa	
					N°4	4.75				
					N°8	2.36				
					N°16	1.18				
					N°30	0.60				
		0			N°50	0.30				
		0			N°100	0.15				
Promedio de Peso Unitario Suelto				0.000	N°200	0.075				
3. PESO UNITARIO SUELTO DE AGREGADO FINO ASTM C-29					Fondo					
Peso Muestra + Molde (g)	Peso Molde (g)	Peso Muestra Suelto (g)	Volumen de Molde (cm ³)	Peso Unitario Suelto (g/cm ³)	Σ		0.00			
		0			Peso Inicial					
		0			% Error					
Promedio de Peso Unitario Compacto				0.000	Módulo de Fineza		0.00			
4. PESO UNITARIO COMPACTO DE AGREGADO FINO ASTM C-29										
Peso frasco	Peso Suelo SSS	Peso frasco + Peso suelo SSS	Peso frasco + agua + SSS (4)	Volumen de Agua (4-3) (5)	Peso Suelo Seco	Vol. de muestra (2-5) (7)	P.E. de la masa (6)/(2-5)	P.E. SSS (2)/(2-5)	P.E. Aparente (6)/((2-5)-(2-6))	Absorción (%) ((2-6)/6)*100
1		0.00		0.00						
		0.00		0.00						
Promedio de Peso Especifico a Absorción							0.00	0.00	0.00	0.00
5. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO ASTM C-127										

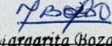
INGENIERO CIVIL:	MARGARITA BOZA U.	FIRMA SELLO:	
REGISTRO CIP. Y EMAIL:	80500		
			Margarita Boza Olaverria INGENIERA CIVIL CIP 80500

LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES

Solicitante:		Muestra:	
Proyecto:		Responsable:	
		Fecha:	

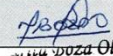
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034

Edad (Días)	Dosif. Nº	Identificación de la muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga Máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de fractura
								
7	1	1-1a	10	20		0.00	0.00	
		1-1b	10	20		0.00		
		1-1c	10	20		0.00		
14	1	1-2a	10	20		0.00	0.00	
		1-2b	10	20		0.00		
		1-2c	10	20		0.00		
28	1	1-3a	10	20		0.00	0.00	
		1-3b	10	20		0.00		
		1-3c	10	20		0.00		
		1-3d	10	20		0.00	0.00	
		1-3e	10	20		0.00		
		1-3f	10	20		0.00		
45	1	1-4a	10	20		0.00	0.00	
		1-4b	10	20		0.00		
		1-4c	10	20		0.00		
		2-4d	10	20		0.00	0.00	
		2-4e	10	20		0.00		
		2-4f	10	20		0.00		


INGENIERO CIVIL:	MARGARITA BOZA U.	FIRMA SELLO:	
REGISTRO CIP, Y EMAIL:	80500		Margarita Boza Olaechea INGENIERA CIVIL CIP. 80500

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON CEMENTO - Método ACI - 316				
CEMENTO PORTLAND				
Marca		Tipo de construcción		
Peso específico		Asentamiento máximo recomendado mm.		
		Resistencia del concreto (kg/cm ²)		
AGREGADO		GRUESO		FINO
		(PULG)	(mm)	
1.- Tamaño molde				
2.- Peso unitario Varillado (ASTM C-29) (kg/m ³)				
3.- Peso específico (saturado superficialmente seco)				
4.- humedad natural (%)				
5.- Absorción (%)				
6.- Módulo de fineza				
7.- Agua de mezclado (L)				
8.- Contenido aproximado de aire atrapado (%)				
9.- Relación agua/cemento				
10.- Relación agua/cemento (según condición de exposición)				
11.- Volumen de agregado grueso seco y compactado (m ³)				
12.- Cemento	Peso (kg)			
	volumen (m ³)			
13.- Aire	volumen (m ³)			
14.- Agregado grueso	Peso (kg)			
	volumen (m ³)			
	volumen corregido (método de Walker) (m ³)			
15.- Agregado fino	Peso (kg)			
	volumen (m ³)			
	volumen corregido (método de Walker) (m ³)			
Corrección del agua de mezclado				
16.- Aporte del agregado grueso (L)				
17.- Aporte del agregado fino (L)				
18.- Agua total del mezclado (L)				
	cemento	a. fino	a. grueso	agua
DOSIFICACION EN LABORATORIO (kg/m ³)				
DOSIFICACION EN OBRA (kg/m ³)				
RESULTADO - PROPORCIONES DE MEZCLA DE DISEÑO				
COMPONENTES DEL CONCRETO	PROPORCION EN PESO		PROPORCION EN VOLUMEN	
	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD
CEMENTO				
AGREGADO FINO				
AGREGADO GRUESO				
AGUA (L/bol)				
				N° Bolsas/m ³

INGENIERO CIVIL:	MARGARITA BOCAU	FIRMA SELLO:	
REGISTRO CIP. Y EMAIL:	80500		


 INGENIERA CIVIL
 CIP. 80500

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

Solicitante:				Muestra:						
Proyecto:				Responsable:						
				Fecha:						
PLANILLA DE DATOS : AGREGADO FINO										
1. CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO ASTM C-70				2. GRANULOMETRIA - MODULO DE FINEZA ASTM C-136						
Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)	Contenido de Humedad (%)	Promedio Humedad (%)	Tamices	Peso	%				
			0.00	Abertura (mm)	Retenido (g)	Retenido	Acumulado Retenido			
				N°4	4.75		Que Pasa			
				N°8	2.36					
3. PESO UNITARIO SUELTO DE AGREGADO FINO ASTM C-29				N°16	1.18					
Peso Muestra + Molde (g)	Peso Molde (g)	Peso Muestra Suelto (g)	Volumen de Molde (cm³)	Peso Unitario Suelto (g/cm³)	N°30	0.60				
		0			N°50	0.30				
		0			N°100	0.15				
Promedio de Peso Unitario Suelto				0.000	N°200	0.075				
4. PESO UNITARIO COMPACTO DE AGREGADO FINO ASTM C-29				Fondo						
Peso Muestra + Molde (g)	Peso Molde (g)	Peso Muestra Compacto (g)	Volumen de Molde (cm³)	Peso Unitario Compac. (g/cm³)	Σ	0.00				
		0			Peso Inicial					
		0			% Error					
Promedio de Peso Unitario Compacto				0.000	Módulo de Fineza	0.00				
5. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO ASTM C-127										
Peso frasco	Peso Suelo SSS (2)	Peso frasco + Peso suelo SSS (3)	Peso frasco + agua + SSS (4)	Volumen Agua (4-3) (5)	Peso Suelo Seco (6)	Vol. de muestra (2-5) (7)	P.E. de la masa (6/(2-5))	P.E. SSS (2)/(2-5)	P.E. Aparente (6)/((2-5)-(2-6))	Absorción (%) ((2-6)/6)*100
1		0.00		0.00						
		0.00		0.00						
Promedio de Peso Especifico a Absorción							0.00	0.00	0.00	0.00
INGENIERO CIVIL:				FIRMA SELLO:						
REGISTRO CIP, Y EMAIL:				 SANTOS RICARDO PADILLA PICHER INGENIERO CIVIL CIP 51630						

LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES


Solicitante:		Muestra:	
Proyecto:		Responsable:	
		Fecha:	

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034

Edad (Días)	Dosif. Nº	Identificación de la muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga Máxima de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de fractura
7	1	1-1a	10	20		0.00	0.00	
		1-1b	10	20		0.00		
		1-1c	10	20		0.00		
14	1	1-2a	10	20		0.00	0.00	
		1-2b	10	20		0.00		
		1-2c	10	20		0.00		
28	1	1-3a	10	20		0.00	0.00	
		1-3b	10	20		0.00		
		1-3c	10	20		0.00		
		1-3d	10	20		0.00		
		1-3e	10	20		0.00		
		1-3f	10	20		0.00		
45	1	1-4a	10	20		0.00	0.00	
		1-4b	10	20		0.00		
		1-4c	10	20		0.00		
		2-4d	10	20		0.00		
		2-4e	10	20		0.00		
		2-4f	10	20		0.00		

INGENIERO CIVIL:		FIRMA SELLO:
REGISTRO CIP, Y EMAIL:		

SANTOS RICARDO PADILLA PICHER
INGENIERO CIVIL
CIP 51630

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON CEMENTO - Método ACI - 316				
CEMENTO PORTLAND				
Marca		Tipo de construcción		
Peso específico		Asentamiento máximo recomendado mm.		
		Resistencia del concreto (kg/cm ²)		
AGREGADO		GRUESO		FINO
		(PULG)	(mm)	
1.- Tamaño molde				
2.- Peso unitario Varillado (ASTM C-29) (kg/m ³)				
3.- Peso específico (saturado superficialmente seco)				
4.- humedad natural (%)				
5.- Absorción (%)				
6.- Módulo de fineza				
7.- Agua de mezclado (L)				
8.- Contenido aproximado de aire atrapado (%)				
9.- Relación agua/cemento				
10.- Relación agua/cemento (según condición de exposición)				
11.- Volumen de agregado grueso seco y compactado (m ³)				
12.- Cemento	Peso (kg)			
	volumen (m ³)			
13.- Aire	volumen (m ³)			
14.- Agregado grueso	Peso (kg)			
	volumen (m ³)			
	volumen corregido (método de Walker) (m ³)			
15.- Agregado fino	Peso (kg)			
	volumen (m ³)			
	volumen corregido (método de Walker) (m ³)			
Corrección del agua de mezclado				
16.- Aporte del agregado grueso (L)				
17.- Aporte del agregado fino (L)				
18.- Agua total del mezclado (L)				
	cemento	a. fino	a. grueso	agua
DOSIFICACION EN LABORATORIO (kg/m ³)				
DOSIFICACION EN OBRA (kg/m ³)				
RESULTADO - PROPORCIONES DE MEZCLA DE DISEÑO				
COMPONENTES DEL CONCRETO	PROPORCION EN PESO		PROPORCION EN VOLUMEN	
	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD
CEMENTO				
AGREGADO FINO				
AGREGADO GRUESO				
AGUA (L/bol)				
				N° Bolsas/m ³
INGENIERO CIVIL:			FIRMA SELLO	
REGISTRO CIP, Y EMAIL:			 SANTOS RICARDO PADILLA PICHE INGENIERO CIVIL CIP 51630	

**ANEXO 5 – FICHAS TÉCNICAS Y CERTIFICADO DE CALIDAD, DE ADITIVO
Y CEMENTO.**



HOJA TÉCNICA

SikaPlast®-700 PE

Aditivo Súper Plastificante de Alto Rango para Concreto

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaPlast®-700 PE es un aditivo líquido súper plastificante, reductor de agua de alto rango con fragua controlada, utilizando la tecnología Sika Viscocrete en base a policarboxilatos. No contiene cloruros y Cumple con la norma ASTM C 494 Tipo F y ASTM C1017 Tipo I.

USOS

SikaPlast®-700 PE se utiliza en la elaboración de concretos en plantas de premezclado. Especialmente diseñado para emplearse como reductor de agua, plastificante o súper plastificante. Como reductor de agua de alto rango, se usa para concretos bombeados y aplicaciones donde se requieran acabados de mejor calidad y fragua controlada. SikaPlast®-700 PE es ideal para trabajar con mezclas de concretos normales, ásperas.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Altas resistencias tempranas para un desmoldado rápido en concretos estructurales.
- Reduce la tendencia a segregación o exudación de los concretos.
- Altas resistencias finales, permitiendo flexibilidad en el plan mayor de ingeniería.
- Reducciones de la relación agua cemento producen concretos más durables, más densos y menos permeables.
- La alta efectividad plastificante, hace que reduzca los defectos de la superficie en elementos de concreto y mejore la apariencia estética.
- SikaPlast®-700 no contiene cloruros ni ningún otro compuesto que produzca la corrosión del acero de refuerzo. Se puede redosificar en obra para facilitar la colocación y/o bombeo del concreto en climas cálidos.

DATOS BÁSICOS

FORMA

ASPECTO

Líquido

COLOR

Marrón claro a marrón oscuro.

PRESENTACIÓN

- Cilindro x200 litros.

ALMACENAMIENTO Un año en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.

DATOS TÉCNICOS

DENSIDAD
1,06^g 1,09 kg/L

BASE QUÍMICA
Policarboxilatos modificados

NORMA
Cumple con los requerimientos para superplastificantes según la norma ASTM C 494 Tipo F
ASTM C 107 Tipo I
En caso se requiera mantener el asentamiento por tiempos prolongados puede usarse aditivos de la línea Plastiment.

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN **CONSUMO / DOSIS**
Como plastificante y súper plastificante y reductor de agua 0.3% al 2% del peso del
Cemento

MÉTODO DE APLICACIÓN **Como plastificante y superplastificante:**

Adicionarlo a la mezcla de concreto o mortero si tiene dosificador de aditivos durante el carguío de cemento y en conjunto con el agua, si no se cuenta con dosificadores mecánicos, adicionar toda la dosis del aditivo antes del carguío con el 40% del agua. Posteriormente, independientemente al tipo de dosaje de aditivo remezclar por lo menos durante 5 minutos hasta obtener una mezcla fluida.

IMPORTANTE

- En la elaboración de concretos fluidos se exige una buena distribución granulométrica. Se debe garantizar un suficiente contenido de finos para evitar la segregación del material fluido.
- En caso de deficiencia de finos, dosificar SikaAer® para incorporar el aire en forma controlada a la mezcla.
- El uso de concreto fluido demanda un especial cuidado en el sellado de los encofrados para evitar la pérdida de la pasta de cemento.
- La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y en las condiciones de obra.
- Cuando se presenten dificultades en el proceso de bombeo y altas presiones, debido a las características de la mezcla (granulometría discontinua, carencia de finos, mezcla áspera) o cuando las condiciones del bombeo lo dificulten (longitud, altura, cambio de dirección), es aconsejable usar un aditivo que ayude al bombeo. Dosifique SikaAer® entre el 0.015% al 0.12% del peso del cemento.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACION Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua

Hoja Técnica
SikaPlast® -700 PE
20.13.18, Edición 1

2/3

BUILDING TRUST



durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

OBSERVACIONES

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

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

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE SikaPlast® -700 PE :

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



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.C.
Concrete
Centro industrial "Las Praderas
de Lurín" s/n MZ B, Lotes 5 y 6,
Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
SikaPlast® -700 PE
20.13.18, Edición 1

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



© 2014 Sika Perú S.A.

CERTIFICADO DE CALIDAD

BUILDING TRUST



El presente documento presenta el Estado Permisible de las especificaciones técnicas de nuestro producto SikaPlast-700 PE x 200 L

1. ESTADO PERMISIBLE Y RESULTADOS DEL LOTE ANALIZADO:

NÚMERO DE LOTE: 074932 Fabric: 13/06/18 O/P: OP074932

Ensayo	Rango de Aceptación	Resultados
Aspecto	Mín: 0.00 - Máx: 0.00	Correcto
Densidad (Kg/L)	Mín: 1.06 - Máx: 1.09	1.08
pH al 10% (agua destilada)	Mín: 3.00 - Máx: 5.00	4.62
Sólidos por Desecación (%)	Mín: 33.00 - Máx: 39.00	39.00
Análisis Cualitativo por IR	Mín: 0.00 - Máx: 0.00	Correcto
Fecha de vencimiento	1 año	06-2019

2. REFERENCIA:

NICC : 1094000 Edición : 0

Este documento es elaborado electrónicamente, por lo tanto tiene validez sin firma.

Atentamente,

Gari Medina Salvatierra
Jefe de Laboratorio

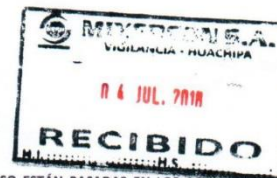
Lurín, 14 de Junio 2018

Formato CC-F 13
Autorizado por: GMS
Fecha: 27-05-13
Edición: 2

LA INFORMACIÓN Y EN PARTICULAR LAS RECOMENDACIONES DE ESTA INSTRUCCIÓN DE USO ESTÁN BASADAS EN LOS ACTUALES CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIA, Y EN PRUEBAS QUE CONSIDERAMOS SEGURAS SOBRE LOS PRODUCTOS APROPIADAMENTE ALMACENADOS, MANIPULADOS Y UTILIZADOS EN LAS CONDICIONES NORMALES DESCRITAS. EN LA PRÁCTICA, Y NO PUDIENDO CONTROLAR LAS CONDICIONES DE APLICACIÓN (TEMPERATURA, ESTADO DE LOS SUSTRATOS, ETC.), NO NOS RESPONSABILIZAMOS POR NINGÚN DAÑO, PERJUICIO O PÉRDIDA OCASIONADAS POR EL USO INADECUADO DEL PRODUCTO. ACONSEJAMOS AL USUARIO QUE PREVIAMENTE DETERMINE SI EL MISMO ES APROPIADO PARA EL USO PARTICULAR PROPUESTO. TODOS LOS PEDIDOS ESTÁN SUJETOS A NUESTROS TÉRMINOS CORRIENTES DE VENTA Y ENTREGA. LOS USUARIOS SIEMPRE DEBEN REMITIRSE A LA ÚLTIMA EDICIÓN DE LAS HOJAS TÉCNICAS DE LOS PRODUCTOS; CUYAS COPIAS SE ENTREGARÁN A SOLICITUD DEL INTERESADO O A LAS QUE PUEDEN ACCEDER EN INTERNET A TRAVÉS DE NUESTRA PÁGINA WEB WWW.SIKA.COM.PE

SIKA PERU S.A.

Centro Industrial "Las Praderas de Lurín" S/N Mz B Lotes 5 y 6 / Lurín / Lima - Perú
Telf: +51 1 618 6060 · Fax: +51 1 618 6070 · www.sika.com.pe





CEMENTO SOL

Descripción:

- Es un Cemento Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.
- Cuenta con la fecha y hora de envasado en la bolsa en beneficio de los consumidores, ya que permite una mayor precisión en la trazabilidad.

Beneficios:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Ideal para la producción de prefabricados en concreto.

Usos:

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C 150.

Formato de distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



Recomendaciones

Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

Manipulación:

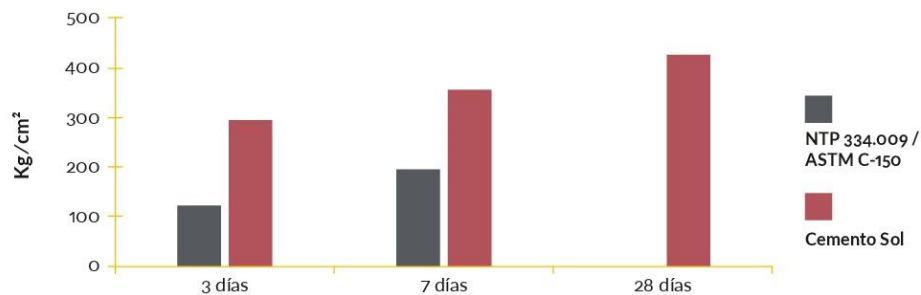
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

Requisitos mecánicos

Comparación resistencias NTP 334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol



Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Sol Tipo I	Requisitos 334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	cm ² /g	3361	Máximo 2600
Densidad	g/ml	3.12	No Especifica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	427	No especifica
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
Composición Química			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO ₃	%	3.08	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.25	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.68	Máximo 1.5
Fases Mineralógicas			
C2S	%	13.15	No especifica
C3S	%	53.60	No especifica
C3A	%	9.66	No especifica
C4AF	%	9.34	No especifica

ANEXO 6 – RESULTADOS DE LABORATORIO Y FICHAS DE CALIBRACIÓN

Solicitante:	Sr. Callupe Carbajal Erik Jhonatan	Muestra:	CANTERA "TRAPICHE"
Proyecto:	"DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=600$ kg/cm ² , PARA EDIFICACIONES DE GRAN ALTURA"	Responsable:	TEC. JULIO DÍAZ
		Fecha:	1810/2018

PLANILLA DE DATOS : AGREGADO GRUESO

1. CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO ASTM C-70					2. GRANULOMETRIA - MODULO DE FINEZA ASTM C-136					
Peso Humedo (g)	Peso Seco (g)	Contenido de Humedad (%)	Promedio		Tamices		Peso Retenido (g)	%		
			Humedad (%)		Abertura (mm)			Retenido	Acumulado Retenido	Que Pasa
3000	2929	2.43	2.24		1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3000	2940	2.04			1 "	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3. PESO UNITARIO SUELTO DE AGREGADO GRUESO ASTM C-29					3/4"	19.00	456.90	15.57	15.57	84.43
Peso Muestra + Molde (g)	Peso Molde (g)	Peso Muestra Suelto (g)	Volumen de Molde (cm ³)	Peso Unitario Suelto (g/cm ³)	1/2"	12.50	1306.60	44.53	60.10	39.90
19210	5620	13590	9349.64	1.45	3/8"	9.50	522.00	17.79	77.89	22.11
19192	5620	13572	9349.64	1.45	N°4	4.75	547.20	18.65	96.54	3.46
Promedio de Peso Unitario Suelto				1.453	N°8	2.36	64.80	2.21	98.75	1.25
					N°16	1.18	14.70	0.50	99.25	0.75
4. PESO UNITARIO COMPACTO DE AGREG. GRUESO ASTM C-29					Fondo		22.00	0.75	100.00	0.00
Peso Muestra + Molde (g)	Peso Molde (g)	Peso Muestra Compacto (g)	Volumen de Molde (cm ³)	Peso Unitario Compacto (g/cm ³)	Σ		2934.30			
20740	5620	15120	9349.64	1.62	Peso Inicial		2934.30			
20753	5620	15133	9349.64	1.62	% Error		0.00			
Promedio de Peso Unitario Compacto				1.618	Modulo de Fineza		6.86			
5. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-127										
Peso en aire de muestra saturada (B)	Peso en el agua de la muestra (C)	Peso en el aire de la muestra seca al horno (A)	P.E. de la masa (A/(B-C))	P.E. SSS (B/(B-C))	P.E. Aparente (A/(A-C))	Absorcion (%) ((B-A)/A)*100				
3000.00	1925.60	2989.00	2.78	2.79	2.81	0.37				
3001.00	1925.40	2961.00	2.75	2.79	2.86	1.35				
Promedio de Peso Especifico a Absorcion			2.76	2.79	2.83	0.87				

Supervisado por: Técnico Sr. Julio Diaz	Firma:	 Margarita Boza Olaechea INGENIERA CIVIL CIP. 80500	Versión N° 1, Pag 1
Aprobado por: Ingeniera Margarita Boza Olaechea	Firma:		

AGREGADO GRUESO : PIEDRA
NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012

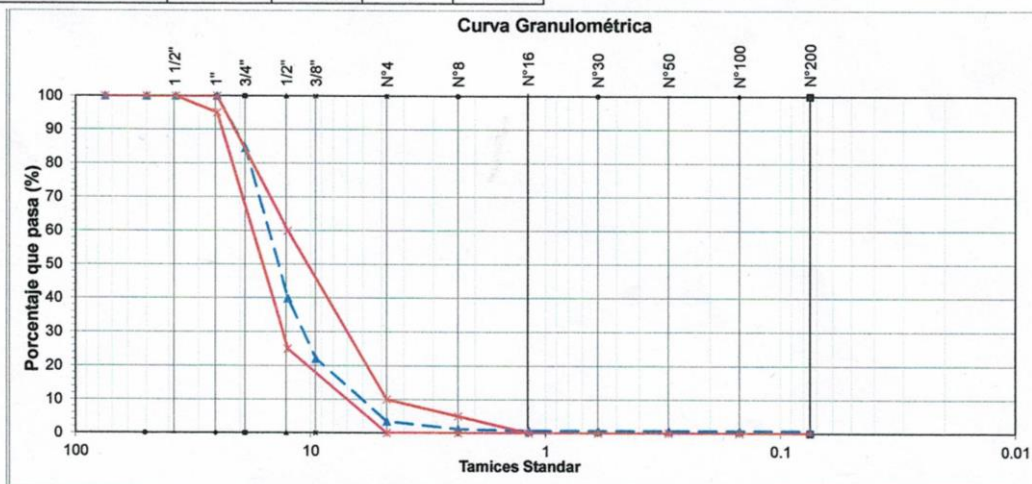
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE MATERIALES UCV LIMA NORTE

Alumno : Erik Jhonatan Callupe Carbajal Fecha : 11/10/18
Escuela : INGENIERÍA CIVIL Técnico : JULIO DÍAZ

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación : MUESTRA N° 01 Peso natural : 3000.0 gr
Procedencia : CARAPONGO - HUAROCHIRI Peso seco : 2934.3 gr
Proveedor : INTREIN Peso seco lavado : 2912.3 gr

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	NTP 400.037 Agregado HUSO 57		Descripción de la Muestra		
						Mínimo	Máximo	Muestra extraída de camion ingresante de cantera		
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Características Físicas		
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Módulo de Fineza	6.86	-
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Mat. < Malla 200	0.75	%
1"	25.00	0.0	0.00	0.00	100.00	95	100	Contenido de Humedad	2.24	%
3/4"	19.00	456.9	15.57	15.57	84.43			Peso Especifico SSS		gr/cm ³
1/2"	12.50	1306.6	44.53	60.10	39.90	25	60	Absorción		%
3/8"	9.50	522.0	17.79	77.89	22.11			Peso Unitario Suelto		kg/m ³
N° 4	4.75	547.2	18.65	96.54	3.46	0	10	Peso U.Compactado		kg/m ³
N° 8	2.36	64.8	2.21	98.75	1.25	0	5	Cont. Chatas y alargadas		%
N° 16	1.18	14.7	0.50	99.25	0.75	0	0	Características Químicas		
N° 30	0.60	0.0	0.00	99.25	0.75	0	0	Equivalente Arena		%
N° 50	0.30	0.0	0.00	99.25	0.75	0	0	N° Impurezas organicas		-
N° 100	0.15	0.0	0.00	99.25	0.75	0	0	Cont. total de Sales Solubles		ppm
N° 200	0.08	0.0	0.00	99.25	0.75	0	0			
Fondo	0.00	22.0	0.75	100.00	0.00	0	0			
Total		2934.3	100.000	M.F	6.86					



Supervisado por: Técnico Sr. Julio Díaz
Firma:

Aprobado por: Ingeniera Margarita Boza Olaechea
Firma:



Solicitante:	Sr. Callupe Carbajal Erik Jhonatan	Muestra:	CANTERA CARAPONGO "INTREIN"
Proyecto:	"DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=600$ kg/cm ² , PARA EDIFICACIONES DE GRAN ALTURA"	Responsable:	TEC. JULIO DÍAZ
		Fecha:	18/10/2018

PLANILLA DE DATOS : AGREGADO FINO

1. CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO ASTM C-70					2. GRANULOMETRIA - MODULO DE FINEZA ASTM C-136					
Peso Humedo (g)	Peso Seco (g)	Contenido de Humedad		Promedio Humedad (%)	Tamices		Peso Retenido (g)	%		
		(%)			Abertura (mm)	Retenido		Retenido	Acumulado Retenido	Que Pasa
500	498	0.38		1.01	N°4	4.75	4.60	0.93	0.93	99.07
500	492	1.65			N°8	2.36	60.30	12.18	13.11	86.89
Peso Muestra + Molde (g)	Peso Molde (g)	Peso Muestra Suelto (g)	Volumen de Molde (cm ³)	Peso Unitario Suelto (g/cm ³)	N°16	1.18	124.30	25.11	38.22	61.78
					N°30	0.60	139.30	28.14	66.36	33.64
7246	2719	4527	2794.46	1.62	N°50	0.30	89.20	18.02	84.38	15.62
7254	2719	4535	2794.46	1.62	N°100	0.15	49.00	9.90	94.28	5.72
Promedio de Peso Unitario Suelto				1.621	N°200	0.075	17.90	3.62	97.90	2.10
4. PESO UNITARIO COMPACTO DE AGREGADO FINO ASTM C-29					Fondo		10.40	2.10	100.00	0.00
Peso Muestra + Molde (g)	Peso Molde (g)	Peso Muestra Compacto (g)	Volumen de Molde (cm ³)	Peso Unitario Compac. (g/cm ³)	Σ		495.00			
					Peso Inicial		495.00			
7514	2719	4795	2794.46	1.72	% Error		0.00			
7526	2719	4807	2794.46	1.72	Modulo de Fineza		2.98			
Promedio de Peso Unitario Compacto				1.718						
5. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO ASTM C-127										
Peso frasco	Peso Suelo	Peso frasco + Peso suelo SSS	Peso frasco + agua + SSS	Volumen Agua	Peso Suelo Seco	Vol, de muestra	P.E. de la masa	P.E. SSS	P.E. Aparente	Absorcion (%)
1	SSS (2)	3	(4)	(4-3) (5)	6	(2-5) (7)	(6)/(2-5)	(2)/(2-5)	(6)/((2-5)-(2-6))	((2-6)/6)*100
157.00	500.00	657.00	959.10	302.10	493.35	295.45	2.49	2.52	2.58	1.35
157.00	500.00	657.00	959.40	302.40	493.41	295.81	2.50	2.53	2.58	1.34
Promedio de Peso Especifico a Absorcion							2.49	2.52	2.58	1.34

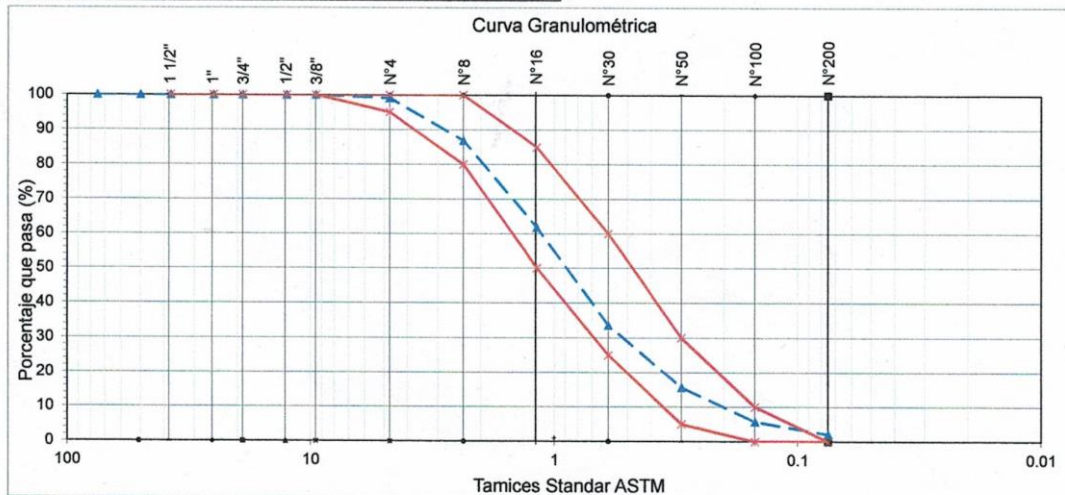
Supervisado por: Técnico Sr. Julio Díaz	Firma: 	Versión N° 1, Pag 1
Aprobado por: Ingeniera Margarita Boza Olaechea	Firma:  Margarita Boza Olaechea INGENIERA CIVIL CIP: 80500	



AGREGADO FINO : ARENA GRUESA
NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE MATERIALES UCV LIMA NORTE
Alumno : Erik Jhonatan Callupe Carbajal **Fecha :** 11/10/18
Escuela : INGENIERÍA CIVIL **Técnico :** JULIO DÍAZ

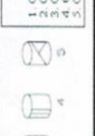

DATOS DE LA MUESTRA
Identificación : MUESTRA N° 01 **Peso natural :** 500.0 gr
Procedencia : TRAPICHE **Peso seco :** 495.0 gr
Proveedor : CANTERA TRAPICHE **Peso seco lavado :** 484.6 gr

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa	NTP 400.037 Agregado Fino		Descripción de la Muestra		
						Mínimo	Máximo	Muestra extraída del stock		
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Características Físicas		
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Módulo de Fineza	2.98	-
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Mat. < Malla 200	2.10	%
1"	25.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Contenido de Humedad	1.01	%
3/4"	19.00	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Peso Especifico SSS		gr/cm ³
1/2"	12.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Absorción		%
3/8"	9.50	0.0	0.00	0.00	100.00	100	100	Peso Unitario Suelto		kg/m ³
N° 4	4.75	4.6	0.93	0.93	99.07	95	100	Peso Unitario Compactado		kg/m ³
N° 8	2.36	60.3	12.18	13.11	86.89	80	100	Cont. Chatas y alargadas		%
N° 16	1.18	124.3	25.11	38.22	61.78	50	85	Características Químicas		
N° 30	0.60	139.3	28.14	66.36	33.64	25	60	Equivalente Arena		%
N° 50	0.30	89.2	18.02	84.38	15.62	5	30	N° Impurezas organicas		-
N° 100	0.15	49.0	9.90	94.28	5.72	0	10	Cont. total de Sales Solubles		ppm
N° 200	0.08	17.9	3.62	97.90	2.10	0	0			
Fondo	0.00	10.4	2.10	100.00	0.00	0	0			
Total		495.0	100.000	M.F.	2.98					



Supervisado por: Técnico Sr. Julio Diaz	Firma: 	Versión N° 1, Pag 1
Aprobado por: Ingeniera Margarita Boza Olaechea	Firma:  Margarita Boza Olaechea INGENIERA CIVIL CIP. 80500	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO LIMA NORTE					ELAB-001				
Solicitante:		Bach. Erik Jhonatan Callape Carbajal					Muestra:				
Proyecto:		"DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=600$ kg/cm ² , PARA EDIFICACIONES DE GRAN ALTURA"					Responsable:				
		ENSAJO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN N°IP-339/034					Fecha:				
							30/11/2018				
Tipo de fractura		TIPOS DE FALLAS									
		 1. Clases y vertical 2. Clases y vertical 3. Corte 4. Columnar 5. Clases y corte									
Edad (Días)	Dosif. N°	Identificación de la muestra	Peso (kg)	Altura y diámetro de testigos (cm.)	Carga (KN)	Carga (kg)	f_c (Mpa)	f_c (kg/cm ²)	Promedio Resistencia a la compresion (kg/cm ²)	% Respecto a 600 (Kg/cm ²)	Tipo de fractura
3	1 -Ra/c 0.28	0.28 - 3a	3.948	20.2 x 10	425.3	43369.0	54.1	552.00	535	89	3
		0.28 - 3b	4.007	20.2 x 10	398.2	40604.0	50.7	517.00			1
	2 -Ra/c 0.31	0.31 - 3a	3.987	20.1 x 10	427.5	43592.9	53.3	543.51	527	88	1
		0.31 - 3b	4.003	20.1 x 10	401.4	40931.4	50.1	510.88			1
	3 -Ra/c 0.33	0.33 - 3a	4.024	20.1 x 10	416.7	42491.6	52	530.25	524	87	1
		0.33 - 3b	3.978	20.2 x 10	407.3	41533.0	50.8	518.02			3
7	1 -Ra/c 0.28	0.28 - 7a	4.008	20.2 x 10	439.5	44820.0	56.0	571.00	568	95	3
		0.28 - 7b	4.057	20.1 x 10	444.1	45285.6	55.4	564.92			1
	2 -Ra/c 0.31	0.31 - 7a	3.909	20.2 x 10	433.8	44235.3	54.1	551.67	555	92	1
		0.31 - 7b	3.982	20.1 x 10	429.5	43795.0	54.7	558.00			3
	3 -Ra/c 0.33	0.33 - 7a	3.951	20.2 x 10	423.6	43195.2	52.8	538.41	550	92	1
		0.33 - 7b	4.001	20.2 x 10	441.9	45061.3	55.1	561.87			1
14	1 -Ra/c 0.28	0.28 - 14a	4.063	20.1 x 10	503.3	51325.4	62.8	640.38	608	101	1
		0.28 - 14b	3.965	20.1 x 10	453.0	46193.1	56.5	576.14			3
	2 -Ra/c 0.31	0.31 - 14a	3.984	20.1 x 10	484.9	49446.0	60.5	616.93	603	101	1
		0.31 - 14b	3.992	20.1 x 10	463.3	47243.5	57.8	589.40			1
	3 -Ra/c 0.33	0.33 - 14a	3.968	20.1 x 10	445.8	45462.0	56.8	579.00	577	96	1
		0.33 - 14b	4.034	20.2 x 10	442.5	45119.0	56.3	574.00			1
28	1 -Ra/c 0.28	0.28 - 28a	4.023	20.1 x 10	526.5	53689.0	67.1	684.00	669	111	1
		0.28 - 28b	4.015	20.1 x 10	502.7	51262.0	64.0	653.00			3
	2 -Ra/c 0.31	0.31 - 28a	3.997	20.1 x 10	494.7	50443.0	63.0	642.00	648	108	1
		0.31 - 28b	3.983	20.0*10	503.8	51378.0	64.1	654.00			1
	3 -Ra/c 0.33	0.33 - 28a	3.99	20.1 x 10	480.1	48956.0	61.1	623.00	616	103	1
		0.33 - 28b	4.008	20.2 x 10	469.4	47863.0	59.7	609.00			1
Supervisado por:		Firma:									
Técnico Sr. Julio Diaz		Firma:									
Aprobado por:		Firma:									
Ingeniera Margarita Boza Olaechea		 Margarita Boza Olaechea INGENIERA CIVIL CIP. 80500 LIMA									



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : ERIK JHONATAN CALLUPE CARBAJAL
Obra : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Ubicación : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 18-4415
Recibo N° : 63362
Fecha de emisión : 05/12/2018

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 2 probetas cilíndricas de concreto.
- 2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ZWICK/ROELL
 Certificado de Calibración : LFP-399-2018.
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015.
 Procedimiento interno AT-PR-12.
- 4. RESULTADOS** :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
1	2-0.33	05/11/2018	05/12/2018	80.1	23,500	293	3
2	6-0.33	05/11/2018	05/12/2018	79.3	22,100	279	3

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. A.A.G



[Signature]

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú



www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

EXP : 18-4415

GRAFICOS DE LA CARGA vs DEFORMACION EN PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO DE 10 x 20 cm.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe (e) del Laboratorio



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú

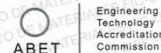
www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : ERIK JHONATAN CALLUPE CARBAJAL
 Obra : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 Ubicación : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 18-4415
 Recibo N° : 63362
 Fecha de emisión : 05/12/2018

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 2 probetas cilíndricas de concreto.
- 2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ZWICK/ROELL
 Certificado de Calibración : LFP-399-2018.
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015.
 Procedimiento interno AT-PR-12.
- 4. RESULTADOS** :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
1	B-0.31	05/11/2018	05/12/2018	78.5	33,400	425	3
2	E-.31	05/11/2018	05/12/2018	80.1	25,700	321	3

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. A.A.G

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (541) 384-3343

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por

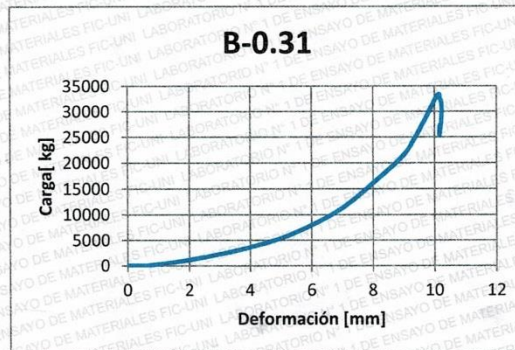


Accreditation Board for engineering and Technology



EXP : 18-4415

GRAFICOS DE LA CARGA vs DEFORMACION EN PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO DE 10 x 20 cm.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe (e) del Laboratorio



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú

www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : ERIK JHONATAN CALLUPE CARBAJAL
Obra : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Ubicación : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 18-4415
Recibo N° : 63362
Fecha de emisión : 05/12/2018

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 2 probetas cilíndricas de concreto.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ZWICK/ROELL
 Certificado de Calibración : LFP-399-2018.
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2015.
 Procedimiento interno AT-PR-12.

4. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
1	VI-0.28	05/11/2018	05/12/2018	79.3	40,600	512	3
2	VII-0.28	05/11/2018	05/12/2018	79.3	37,800	477	3

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. A.A.G



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 384-3343



www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



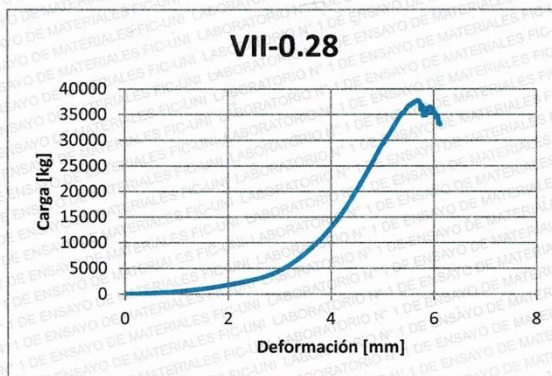
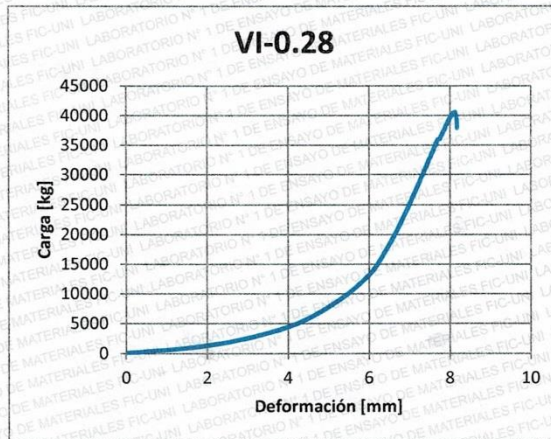
Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

EXP : 18-4415

GRAFICOS DE LA CARGA vs DEFORMACION EN PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO DE 10 x 20 cm.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe (e) del Laboratorio



UNI-LEM

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú

www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LFP - 399 - 2018

Laboratorio de Fuerza y Presión

Página 1 de 4

Expediente	99772
Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Dirección	Av. Tupac Amaru 210 - Rimac
Instrumento de Medición	MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL
Intervalo de Indicaciones	0 kgf a 101 972 kgf (0 kN a 1 000 kN) (*)
Resolución	1 kgf
Marca	ZWICK ROELL
Modelo	SP 1000
Número de Serie	57940
Procedencia	ALEMANIA
Clase de Exactitud	NO INDICA
Fecha de Calibración	2018-09-14

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).

La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.

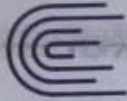
Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

	Fecha	Area de Mecánica	Laboratorio de Fuerza y Presión
	2018-09-19	 ALDO QUIROGA ROJAS	 LEONARDO DE LA CRUZ GARCIA
		Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf: (01) 640-8820 Anexo 1507
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>



INACAL

Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 399 – 2018

Página 2 de 4

Método de Calibración

Método de comparación tomando como referencia la Norma ISO 7500-1 "Metallic materials-Verification of static uniaxial testing machines"

Lugar de Calibración

Laboratorio N°1 - Laboratorio de Ensayo de Materiales - LEM
Av. Tupac Amaru 210 Rimac

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,5°C	22,0°C

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrón de Referencia de Laboratorio Acreditado DAKKS D-K-12029-01-00	Transductor de Fuerza LFP 02 036 Clase 0,5	63657 / D-K-12029-01-00 DE : 2017-08-07

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM. Utilizar el newton como unidad de medida de fuerza dentro del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

(*) La máquina de ensayo fue calibrada en el intervalo de indicaciones de 15 000 kgf a 50 000 kgf



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración

LFP - 399 - 2018

Página 3 de 4

Resultados de Medición

Dirección de Carga : Tracción

Indicador de Fuerza de la Máquina de Carga	Indicador en estándares de Fuerza patrón								Unid.
	1° Serie Acosados		2° Serie Alarres		3° Serie Anzanku		4° Serie Acosados Acosados		
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	
15	15 000	147,100	14 591	14 557	14 590	—	—	14 579	421
20	20 000	196,133	19 566	19 553	19 556	—	—	19 558	442
25	25 000	245,166	24 551	24 534	24 551	—	—	24 545	455
30	30 000	294,200	29 552	29 456	29 486	—	—	29 468	502
33	32 500	318,716	32 011	31 983	31 987	—	—	31 994	506
35	35 000	343,233	34 471	34 510	34 488	—	—	34 490	510
38	37 500	367,749	36 968	37 002	36 991	—	—	36 997	503
40	40 000	392,266	39 525	39 493	39 493	—	—	39 504	496
45	45 000	441,299	44 309	44 479	44 441	—	—	44 410	590
50	50 000	490,333	49 295	49 363	49 338	—	—	49 332	868

Errores Encontrados del Sistema de Medición de Fuerza

Valor Nominal			Errores encontrados expresados en %					Incertidumbre del error de medición U (%) k=2
(kg)	(kg)	(kg)	Exactitud	Repetibilidad	Reproducibilidad	Linealidad	Error por Ajustados	
15	15 000	147,100	2,89	0,23	—	0,01	—	0,16
20	20 000	196,133	2,26	0,07	—	0,01	—	0,07
25	25 000	245,166	1,85	0,07	—	0,00	—	0,07
30	30 000	294,200	1,70	0,33	—	0,00	—	0,19
33	32 500	318,716	1,58	0,09	—	0,00	—	0,07
35	35 000	343,233	1,46	0,11	—	0,00	—	0,07
38	37 500	367,749	1,36	0,03	—	0,00	—	0,07
40	40 000	392,266	1,26	0,08	—	0,00	—	0,07
45	45 000	441,299	1,33	0,38	—	0,00	—	0,23
50	50 000	490,333	1,35	0,14	—	0,00	—	0,09
Error relativo de cero f_0			0,00					

Clase de la escala de la medición	Valores de acuerdo a la Norma ISO 25011				
	Exactitud	Repetibilidad	Reproducibilidad	Linealidad	Error f_0
0,5	± 0,5	0,5	± 0,75	0,25	± 0,08
1	± 1,0	1,0	± 1,5	0,5	± 0,1
2	± 2,0	2,0	± 3,0	1,0	± 0,2
3	± 3,0	3,0	± 4,5	1,5	± 0,3

kgf = kilogramo fuerza

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Tel: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 399 – 2018

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas Guía ISO 34 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

SGS

Certificate PE13V175222
The management system of

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO N°1
DE ENSAYO DE MATERIALES

"ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Av. Túpac Amaru 210 - Rimac
Lima - Perú



has been assessed and certified as meeting the requirements of

ISO 9001:2015

For the following activities

"Ensayos de Materiales de Construcción en Agregados, Concreto, Alfarería, Madera, Acero y Cemento, desde la Solicitud de Servicio hasta la emisión de los Informes de Ensayo de muestras proporcionadas por los clientes externos"

"Building material's Tests in Aggregates, Concrete prism, Masonry units, Wood, Steel rebar and Cement from the service request to the emission of reports of samples provided by external customers"



This certificate is valid from June 08, 2018 until July 23, 2019
Following a certification audit on April 12, 2018
and remains valid subject to satisfactory surveillance audits.
Re certification audit due before April 23, 2019
Issue 3. Certified since July 25, 2013

Authorised by



SGS United Kingdom Ltd
Business Services Park, Ebbw Vale, Caerphilly, G40 3EQ UK
T +44 (0)1495 300400 F +44 (0)1495 300400 www.sgs.com

MC 002 0001 2015 0118

Page 1 of 1



This document is issued by the Certification department of the General conditions of Certification. It is subject to the terms, conditions, and limitations of the Certification contract. The certification is not a guarantee of the quality of the products or services. The certification is not a guarantee of the quality of the management system. The certification is not a guarantee of the quality of the personnel. The certification is not a guarantee of the quality of the equipment. The certification is not a guarantee of the quality of the materials. The certification is not a guarantee of the quality of the services. The certification is not a guarantee of the quality of the results. The certification is not a guarantee of the quality of the process. The certification is not a guarantee of the quality of the system. The certification is not a guarantee of the quality of the organization. The certification is not a guarantee of the quality of the culture. The certification is not a guarantee of the quality of the values. The certification is not a guarantee of the quality of the mission. The certification is not a guarantee of the quality of the vision. The certification is not a guarantee of the quality of the strategy. The certification is not a guarantee of the quality of the objectives. The certification is not a guarantee of the quality of the actions. The certification is not a guarantee of the quality of the results. The certification is not a guarantee of the quality of the process. The certification is not a guarantee of the quality of the system. The certification is not a guarantee of the quality of the organization. The certification is not a guarantee of the quality of the culture. The certification is not a guarantee of the quality of the values. The certification is not a guarantee of the quality of the mission. The certification is not a guarantee of the quality of the vision. The certification is not a guarantee of the quality of the strategy. The certification is not a guarantee of the quality of the objectives. The certification is not a guarantee of the quality of the actions. The certification is not a guarantee of the quality of the results.