

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE MEZCLAS DE CONCRETO FRESCO Y
ENDURECIDO UNIDOS CON SIKADUR 32 Y CHEMA EPOX ADHESIVO 32 –
CAJAMARCA 2016”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR LA BACHILLER:
BETTSY DANICSA MAZA IDROGO

ASESOR:
M. EN I. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA

CAJAMARCA – PERÚ

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios a quien no me cansare de agradecer por todas las cosas maravillosas en mi vida; a mis padres Pedro y Olinda quienes con su amor, comprensión, enseñanzas, apoyo incondicional son pilares fundamentales en mi vida, me impulsan a buscar siempre mi progreso y me ayudan a lograr todas las metas que me propongo; a mis hermanos Yesenia y Adrián que son parte fundamental en mi vida llenándola de maravillosas experiencias y felicidad; a mis abuelos Norvil y Flaxila, mis tíos y primos quienes han estado presentes siempre en cada paso importante en mi vida y celebrando cada triunfo logrado.

Quiero agradecer también a mi asesor M. en I. Héctor Albarino Pérez Loayza que me ha apoyado con profesionalismo y humildad a lo largo de toda la elaboración de esta tesis, compartiendo conmigo sus conocimientos y recomendaciones para mejorar a cada momento la investigación.

Agradezco profundamente a Fernando Pajares Urteaga quien me ha guiado y apoyado en todo momento, compartiendo siempre sus conocimientos y aportes para la elaboración de esta tesis, y me acompaño hasta el final de esta investigación.

También un agradecimiento a mis amigos Yessenia Cortez Aquino, Stalin Ruiz Rivera y Guillermo Reyes Aguilar quienes me ayudaron en el desarrollo de la investigación.

Finalmente quiero aprovechar este espacio para agradecer a mi hija Fernanda, luz de mi vida, quien es el principal motor de lucha, por quien deseo ser cada día mejor persona y un buen ejemplo, gracias infinitas por estar en mi vida.

Muchas gracias a todos.

DEDICATORIA

A mi hija Fernanda

A mis padres Pedro y Olinda

A mis hermanos Yessenia y Adrián

A mis abuelos Norvil y Flaxila

A mis tíos Jorge, José, Ivan, Jaime y Dante

A mis primos Jorge Luis, Marcia, Jhanderson, Yamili, Antony, Fátima, Keiler, Valeria, Naizuri y Milagros

A Fernando mi apoyo incondicional

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE IMÁGENES	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I.....	13
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.3. HIPÓTESIS	14
1.4. OBJETIVOS.....	14
1.4.1. Objetivo general	14
1.4.2. Objetivos específicos.....	14
1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.7. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.7.1. Delimitaciones	15
1.7.2. Limitaciones	16
1.8. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
CAPÍTULO II	17
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.2. DEFINICIONES:	18
2.3. BASES TEÓRICAS:.....	21
2.3.1. Concreto [Rivva (2014a)].....	21
2.3.2. Requisitos de mezcla	22
2.3.3. Composición del concreto	22
2.3.3.1. La pasta	22
2.3.3.2. Hidratación y curado del concreto	24
2.3.4. Agregado [Rivva (2014a)].....	24
2.3.4.1. Clasificación	24
2.3.4.2. Funciones del agregado	25

2.3.4.3.	Interrelación agregado – concreto.....	25
2.3.4.4.	Naturaleza química del agregado.....	26
2.3.5.	Cemento [Rivva (2014a)].....	26
2.3.5.1.	El Gel.....	27
2.3.6.	Adhesivo [Sika - 2014].....	34
2.3.6.1.	Adhesivos Epóxicos [ASTM C 881 - 2008].....	35
2.3.6.1.1.	Descripción:.....	35
2.3.6.1.2.	Requerimientos:.....	37
2.3.6.1.3.	Método de prueba estándar para resistencia a la adherencia de sistemas de resina epóxica utilizados con hormigón [ASTM C 882 – 2008].....	37
CAPÍTULO III.....		43
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....		43
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN.....		43
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....		43
3.2.1.	Tipo, nivel, diseño y método de investigación:.....	43
3.2.2.	Variables:.....	44
3.3. CANTERA DE ESTUDIO.....		44
3.3.1.	Ubicación:.....	44
3.3.2.	Obtención de los agregados:.....	44
3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO.....		45
3.4.1.	Estudio de los agregados: características físicas y mecánicas.....	45
3.4.2.	Extracción y preparación de muestras para ensayos.....	45
3.4.3.	Reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayo.....	47
3.4.4.	Granulometría.....	47
3.4.4.1.	Granulometría del agregado grueso.....	47
3.4.4.2.	Granulometría del agregado fino.....	49
3.4.4.3.	Análisis Granulométrico de los agregados.....	49
3.4.4.4.	Materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200:.....	51
3.4.5.	Tamaño máximo del agregado grueso.....	53
3.4.6.	Tamaño máximo nominal del agregado grueso.....	53
3.4.7.	Módulo de fineza.....	53
3.4.8.	Masa por unidad de volumen (Densidad de masa).....	54
3.4.9.	Densidad relativa y absorción.....	59
3.4.9.1.	Determinación de la gravedad específica (peso específico) y absorción del agregado grueso.....	60
3.4.9.2.	Determinación de la gravedad específica (peso específico) y absorción del agregado fino.....	64
3.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS ADHESIVOS EPÓXICOS.....		68

3.5.1.	CHEMA EPOX ADHESIVO 32.....	68
3.5.2.	SIKADUR® - 32 GEL	72
3.5.2.1.	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	72
3.5.2.2.	USOS	72
3.5.2.3.	CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS.....	72
3.5.2.4.	DATOS BÁSICOS	72
3.5.2.4.1.	FORMA	72
3.5.2.4.2.	ALMACENAMIENTO	73
3.5.2.4.3.	DATOS TÉCNICOS.....	73
3.5.2.5.	INFORMACIÓN DEL SISTEMA	74
3.5.2.6.	DETALLES DE APLICACIÓN.....	74
3.5.2.7.	MÉTODO DE APLICACIÓN.....	74
3.6.	CEMENTO UTILIZADO	75
3.7.	AGUA UTILIZADA.....	76
3.8.	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS Y ELABORACIÓN DE PROBETAS	76
3.8.1.	Requerimientos del concreto considerados para el diseño de mezclas	76
3.8.1.1.	Apariencia.....	76
3.8.1.2.	Consistencia	77
3.8.1.3.	Resistencia requerida	77
3.8.2.	Propiedades de los materiales a considerar para el diseño de mezclas	77
3.8.2.1.	Propiedades del cemento:	77
3.8.2.2.	Propiedades de los agregados	77
3.8.2.3.	Procedimiento realizado para la selección de las proporciones del concreto por el método de módulo de fineza de la combinación de los agregados.	78
3.8.3.	Elaboración de la mezcla de prueba:	80
3.8.4.	Procedimiento realizado para el ajuste de las proporciones	81
3.8.5.	Elaboración de los especímenes de concreto para los ensayos mecánicos	84
3.8.6.	Curado de los especímenes de concreto.	86
3.9.	VARIABLES DE EVALUACIÓN DEL ESTUDIO	87
3.9.1.	Asentamiento en el concreto en estado fresco.....	87
3.9.2.	Densidad de masa del concreto en estado fresco.....	88
3.9.3.	Densidad de masa del concreto en estado endurecido.....	92
3.9.4.	Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto.	92
3.9.5.	Resistencia a la tracción en especímenes cilíndricos de concreto.	94
3.10.	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	96
3.10.1.	Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	96

3.10.2. Técnicas de procesamiento y análisis de información.....	96
3.10.3. Análisis de los resultados	96
CAPÍTULO IV	98
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	98
4.1. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LAS MEZCLAS.....	98
4.2. ANÁLISIS DE LA DENSIDAD DE MASA DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	99
4.3. CONTENIDO DE AIRE EN LA MEZCLA.....	100
4.4. ANÁLISIS DE LA DENSIDAD DE MASA DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	101
4.5. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESIÓN.....	102
4.6. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A TRACCIÓN	105
4.7. CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS.....	108
4.8. CONTRASTE DE HIPÓTESIS	108
CAPÍTULO V	109
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
5.1. CONCLUSIONES	109
5.2. RECOMENDACIONES	110
CAPÍTULO VI.....	111
6. BIBLIOGRAFÍA	111
6.1. ARTÍCULOS Y TESIS	111
6.2. LIBROS Y REGLAMENTOS.....	111
6.3. NORMAS	111
CAPÍTULO VII.....	114
7. ANEXOS	114
7.1. ANEXO I: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	114
7.2. ANEXO II: FICHAS TÉCNICAS DE ADHESIVOS EPÓXICOS	125
7.3. ANEXO III: FICHA TÉCNICA DE CEMENTO.....	131
7.4. ANEXO III: CERTIFICADO DE LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.....	132
7.5. ANEXO IV: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS.....	133
7.6. ANEXO V: DISEÑO DE MEZCLAS	134
7.7. ANEXO VI: PANEL FOTOGRÁFICO.....	138
7.8. ANEXO VII: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Contenido de ion cloruro soluble en agua	34
Tabla N° 2: Requisitos adicionales para la epóxía de recubrimiento de tipo III.....	37
Tabla N° 3: Porción de la muestra de campo requerida para los ensayos de laboratorio.....	46
Tabla N° 4: Requisitos granulométricos del agregado grueso	48
Tabla N° 5: Requisitos granulométricos del agregado fino	49
Tabla N° 6: Cantidad mínima de muestra para partículas menores al tamiz N° 200	51
Tabla N° 7: Capacidad de los recipientes para ensayo de densidad de masa.....	55
Tabla N° 8: características físico químicas de Chema Epox Adhesivo 32	69
Tabla N° 9: Resumen de las propiedades de los agregados a ser empleados en la mezcla de concretos	78
Tabla N° 10: Tiempo de prueba de los especímenes y tolerancia.....	93
Tabla N° 11: Asentamiento del concreto según grupo de probetas	98
Tabla N° 12: Densidad de masa del concreto en estado fresco para los grupos de probetas	99
Tabla N° 13: Densidad de masa del concreto en estado endurecido.....	101
Tabla N° 14: Ensayos a compresión a los 28 días de los cuatro grupos de especímenes	103
Tabla N° 15: Ensayos a tracción a los 28 días de los cuatro grupos de especímenes	105
Tabla N° 16: Resumen de resultados de los cuatro grupos de especímenes	108
Tabla N° 17: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado grueso.....	114
Tabla N° 18: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado grueso.....	115
Tabla N° 19: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado grueso.....	115
Tabla N° 20: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado fino.....	117
Tabla N° 21: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado fino.....	117
Tabla N° 22: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado fino.....	118
Tabla N° 23: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado grueso	120
Tabla N° 24: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino	120
Tabla N° 25: Ensayo para densidad relativa del agregado grueso	121
Tabla N° 26: Ensayo para densidad relativa del agregado fino	121
Tabla N° 27: Ensayo para peso específico del agua.....	122
Tabla N° 28: Ensayo de densidad de masa del agregado grueso en estado seco suelto.....	122
Tabla N° 29: Ensayo de densidad de masa del agregado grueso en estado seco compactado	122
Tabla N° 30: Ensayo de densidad de masa del agregado fino en estado seco suelto	123
Tabla N° 31: Ensayo de densidad de masa del agregado fino en estado seco compactado	123
Tabla N° 32: Porcentaje de vacíos del agregado.....	123
Tabla N° 33: Porcentaje de vacíos del agregado grueso	124
Tabla N° 34: Resistencia a la compresión promedio	133
Tabla N° 35: Requerimientos de agua en L/m ³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada	133
Tabla N° 36: Relación agua/cemento del concreto por resistencia	133
Tabla N° 37: Módulo de finura de la combinación de agregados	133
Tabla N° 38: Diseño de mezcla de concreto empleada para correcciones.....	134
Tabla N° 39: Corrección por contenido de humedad de los agregados para la preparación de especímenes de prueba	135
Tabla N° 40: Corrección por agua adicional, apariencia, asentamiento y contenido de aire de los agregados.....	136
Tabla N° 41: Diseño base luego de efectuadas todas las correcciones	137
Tabla N° 42: Probetas Estándar ensayadas a compresión a los 28 días (a).....	143

Tabla N° 43: Probetas Estándar ensayadas a compresión a los 28 días (b)	144
Tabla N° 44: Probetas Estándar ensayadas a tracción a los 28 días (a)	145
Tabla N° 45: Probetas Estándar ensayadas a tracción a los 28 días (b)	145
Tabla N° 46: Probetas sin adhesivo ensayadas a compresión a los 28 días (a).....	146
Tabla N° 47: Probetas sin adhesivo ensayadas a compresión a los 28 días (b)	147
Tabla N° 48: Probetas sin adhesivo ensayadas a tracción a los 28 días (a)	148
Tabla N° 49: Probetas sin adhesivo ensayadas a tracción a los 28 días (b)	148
Tabla N° 50: Probetas con Chema Epox Adhesivo 32 ensayadas a compresión a los 28 días (a)	149
Tabla N° 51: Probetas con Chema Epox Adhesivo 32 ensayadas a compresión a los 28 días (b)	150
Tabla N° 52: Probetas con Chema Epox Adhesivo 32 ensayadas a tracción a los 28 días (a)	151
Tabla N° 53: Probetas con Chema Epox Adhesivo 32 ensayadas a tracción a los 28 días (b)	151
Tabla N° 54: Probetas con Sikadur 32 Gel ensayadas a compresión a los 28 días (a).....	152
Tabla N° 55: Probetas con Sikadur 32 Gel ensayadas a compresión a los 28 días (b)	153
Tabla N° 56: Probetas con Sikadur 32 Gel ensayadas a tracción a los 28 días (a)	154
Tabla N° 57: Probetas con Sikadur 32 Gel ensayadas a tracción a los 28 días (a)	154

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Dimensiones de sección.....	39
Imagen N° 2: Fotografía satelital de la ubicación del estudio	43
Imagen N° 3: Análisis granulométrico de los agregados	51
Imagen N° 4: Ensayo de densidad de masa del agregado grueso	59
Imagen N° 5: Ensayo de densidad de masa del agregado fino.....	59
Imagen N° 6: Saturación del agregado grueso	63
Imagen N° 7: Peso del molde.....	64
Imagen N° 8: Saturación del agregado fino	67
Imagen N° 9: Adhesivo Chema Epox Adhesivo 32.....	71
Imagen N° 10: Adhesivo Sikadur 32 Gel.....	75
Imagen N° 11: Ensayo en la olla de Washington.....	91
Imagen N° 12: Contenido de aire en la mezcla de concreto	91
Imagen N° 13: Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura.....	94
Imagen N° 14: Probetas sin adhesivo ensayadas a compresión	104
Imagen N° 15: Probetas con adhesivo Chema Epox Adhesivo 32 ensayadas a compresión ...	104
Imagen N° 16: Probetas con adhesivo Sikadur 32 Gel ensayadas a compresión.....	105
Imagen N° 17: Probetas sin adhesivo ensayadas a tracción.....	106
Imagen N° 18: Probetas con adhesivo Chema Epox Adhesivo 32 ensayadas a tracción.....	107
Imagen N° 19: Probetas con adhesivo Sikadur 32 Gel ensayadas a tracción.....	107
Imagen N° 20: Ensayos de granulometría del agregado	138
Imagen N° 21: Ensayos de densidad de masa del agregado.....	138
Imagen N° 22: Saturación de agregados para ensayos de densidad.....	139
Imagen N° 23: Maquina para ensayos a compresión y tracción de probetas	139
Imagen N° 24: Ensayos a compresión de probetas sin adhesivo epóxico.....	140
Imagen N° 25: Ensayos a compresión de probetas con Chema epox Adhesivo 32	140
Imagen N° 26: Ensayos a compresión de probetas con Sikadur 32 Gel	141
Imagen N° 27: Ensayos a Tracción de probetas sin adhesivo epóxico	141
Imagen N° 28: Ensayos a tracción de probetas con Chema epox Adhesivo 32	142
Imagen N° 29: Ensayos a tracción de probetas con Sikadur 32 Gel	142

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico N° 1: Tiempo de prueba de los especímenes	98
Grafico N° 2: Densidad de masa del concreto en estado fresco.....	100
Grafico N° 3: Densidad de masa del concreto en estado endurecido.....	102
Grafico N° 4: Promedio de ensayos a compresión.....	103
Grafico N° 5: Promedio de ensayos a tracción	106
Grafico N° 6: Requisito granulométrico del agregado grueso	116
Grafico N° 7: Requisito granulométrico del agregado fino	119

RESUMEN

En la presente investigación se realizó el análisis de la resistencia a compresión de mezclas de concreto fresco y endurecido aplicando adhesivo Chema Epox Adhesivo 32 y Sikadur 32 Gel, se tomó como base un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregados de la cantera del Rio Chonta y cemento Pacasmayo Tipo I. Se elaboraron un total de 120 probetas separadas en cuatro grupos para ensayos a compresión y tracción a una edad de 28 días. Se elaboraron probetas estándar, especímenes de unión de concreto fresco y endurecido sin utilizar adhesivo, especímenes de unión de concreto fresco y endurecido utilizando Chema Epox adhesivo 32 para la unión y especímenes de unión de concreto fresco y endurecido utilizando Sikadur 32 en la unión. Los resultados obtenidos muestran que el uso de adhesivos en la unión de concreto fresco y endurecido no ayuda a llegar a la resistencia de un concreto normal, pero si muestran mejora comparada con especímenes de concreto fresco y endurecido sin utilizar adhesivo. Al comparar los resultados de los dos tipos de adhesivos obtenemos como resultado que la resistencia a compresión de las mezclas de concreto fresco y endurecido al utilizar el adhesivo Chema Epox Adhesivo 32 son mayores en un 34.12% a las mezclas de concreto fresco y endurecido al utilizar el adhesivo Sikadur 32 Gel; y en el caso de la resistencia a tracción el resultado al utilizar el adhesivo Chema Epox Adhesivo 32 es mayor en un 8.47% que al utilizar el adhesivo Sikadur 32 Gel. También se determinó que las mezclas de concreto fresco y endurecido utilizando adhesivos Chema Epox Adhesivo 32 y Sikadur 32 Gel superan la resistencia a compresión en un 63.46% y 7.69% respectivamente y la resistencia a tracción en un 15.23% y 5.47% respectivamente, a las mezclas de concreto fresco y endurecido sin utilizar adhesivo; pero la resistencia a compresión de las mezclas de concreto fresco y endurecido utilizando adhesivos Chema Epox Adhesivo 32 y Sikadur 32 Gel es menores en un 42.10% y 61.85% respectivamente, y la resistencia a tracción es menor en un 7.81% y 15.63% respectivamente a las probetas estándar de concreto.

Palabras clave: Concreto, Chema Epox Adhesivo 32, Sikadur 32 Gel, resistencia a compresión, resistencia a tracción.

ABSTRACT

In the present investigation, the compressive strength analysis of mixtures of fresh and hardened concrete was realized applying adhesive Chema Epox Adhesive 32 and Sikadur 32 Gel, was taken as base a concrete of $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ elaborated with aggregates of the Chonta river quarry and Pacasmayo Type I cement. A total of 120 separate specimens were prepared in four groups for compression and traction tests at a 28 day age. Standard specimens, fresh and hardened concrete bond specimens were made without using adhesive, bonded specimens of fresh and hardened concrete using Chema Epox adhesive 32 for bonding and binding specimens of fresh and hardened concrete using Sikadur 32 Gel at the bond. The results show that the use of adhesives in the bonding of fresh and hardened concrete does not help to reach the resistance of a normal concrete, but they do show improvement compared to specimens of fresh concrete and hardened without using adhesive. When comparing the results of the two types of adhesives we obtain that the compressive strength of the mixtures of fresh and hardened concrete when using the adhesive Chema Epox Adhesive 32 are greater in 34.12% to the mixtures of fresh and hardened concrete when using The Sikadur adhesive 32; And in the case of tensile strength the result when using the Chema Epox Adhesive 32 adhesive is greater by 8.47% than when using the Sikadur 32 Gel adhesive. It was also determined that blends of fresh and hardened concrete using Chema Epox Adhesive 32 adhesives And Sikadur 32 Gel exceed compressive strength by 63.46% and 7.69% respectively and tensile strength by 15.23% and 5.47%, respectively, to mixtures of fresh and hardened concrete without the use of an adhesive; But the compressive strength of the fresh and hardened concrete mixtures using Chema Epox Adhesive 32 and Sikadur 32 Gel adhesives is lower by 42.10% and 61.85% respectively, and the tensile strength is lower by 7.81% and 15.63% respectively Standard concrete specimens.

Keywords: Concrete, Chema Epox Adhesive 32, Sikadur 32 Gel, compressive strength, tensile strength.

CAPÍTULO

I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Dentro del área de la construcción, el concreto es uno de los materiales de mayor uso debido a las ventajas que este nos proporciona como son la versatilidad y la resistencia a la compresión.

En el Perú es muy probable encontrar obras en las cuales se hace necesaria la buena adherencia entre el concreto fresco y endurecido para poder cumplir con los requerimientos de diseño y obtener una buena estructura, lo que se pretende al utilizar un pegamento epóxico es que al unir un concreto fresco a uno endurecido se obtenga una resistencia similar a la que se obtiene con un concreto normal u homogéneo, para así cumplir con las especificaciones y requerimientos de la estructura.

La utilización de pegamentos epóxicos proporciona una buena adherencia entre concreto fresco y endurecido, proporcionando al concreto las propiedades mecánicas necesarias en obras en las que se requiera su uso. Este caso se presenta en casos de reparación y reforzamiento de estructuras en los que es necesario adicionar concretos nuevos a concretos viejos, también lo podemos encontrar en obras inconclusas que han sido retomadas, entre otros. La elección del producto más adecuado para la adherencia del concreto fresco y endurecido se debe realizar teniendo en cuenta criterios técnicos que refieran una buena elección, la comparación entre dos tipos de pegamentos epóxicos nos puede brindar esos criterios, dependiendo de las características del concreto.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El tema objeto de la presente investigación se puede sintetizar en la siguiente interrogante:
¿En cuánto varía la resistencia de mezclas de concreto fresco y endurecido unidos con Sikadur 32 Gel y Chema Epox adhesivo 32?

1.3. HIPÓTESIS

La resistencia de mezclas de concreto fresco y endurecido unidos con Sikadur 32 Gel supera hasta en un 20% a los unidos con Chema Epox Adhesivo 32.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la resistencia de mezclas de concreto fresco y endurecido unidos con Sikadur 32 Gel y Chema Epox Adhesivo 32.

1.4.2. Objetivos específicos

- Obtener valores de resistencia a compresión de las probetas de concreto con diferentes aplicaciones de adhesivos.
- Obtener valores de resistencia a tracción de las probetas de concreto con diferentes aplicaciones de adhesivos.
- Comparar los resultados obtenidos según tipo de adhesivo utilizado.

1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación realizó un análisis comparativo del uso de dos tipos de adhesivos Chema Epox Adhesivo 32 y Sikadur 32 Gel; va dirigida a la comunidad científica como un aporte a las investigaciones de mezclas de concreto fresco y endurecido; también va dirigida al rubro de construcción civil, ya que puede proveer aportes importantes para el buen desarrollo de una construcción y también va dirigida a estudiantes que deseen realizar investigaciones similares o complementarias a la presentada.

El estudio dio como resultado datos del uso de dos tipos de adhesivo para la unión de concreto fresco y endurecido, se realizó un análisis comparativo para ver cuál es el más favorable.

Los estudios se realizaron en el Laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca con muestras de materiales representativos.

Se realizaron ensayos para determinar la resistencia a compresión y tracción de especímenes de concreto, los resultados de estos ensayos y el procesamiento de datos se muestran en los capítulos siguientes.

1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio de los diferentes tipos de pegamentos epóxicos existentes en el mercado es reducido, por ende, se desconocen las propiedades de dichos productos, este déficit de conocimiento trae consigo el mal uso de los pegamentos epóxicos y por ende una mala adherencia entre el concreto fresco y endurecido. El uso de pegamentos epóxicos es muy común en las diferentes construcciones por ello se hace necesaria la evaluación de dichos pegamentos para obtener buenos resultados al momento de utilizarlos.

La Universidad Nacional de Cajamarca, en específico la Facultad de Ingeniería como centros de generación y difusión de conocimientos, se interesan en investigaciones innovadoras y que propongan alternativas de solución ante problemas ingenieriles como lo es uso de adhesivos epóxicos para unir concreto fresco y endurecido.

1.7. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Delimitaciones

La investigación se ha realizado utilizando agregados de la planta de chancado Roca Fuerte donde se procesan agregados extraídos de las márgenes del río Chonta – Distrito de Baños del Inca, Cemento Pacasmayo Tipo I, agua del campus universitario, adhesivo epóxico Sikadur 32 Gel y Chema Epox Adhesivo 32, materiales de la localidad de Cajamarca, por lo que el estudio se localiza en la ciudad de Cajamarca.

Esta tesis se inició en agosto del 2015 por lo que la información y normativa obtenidas de las NTP, ASTM recomendaciones ACI pueden variar respecto a los siguientes años.

1.7.2. Limitaciones

En la tesis solo se realizará el estudio de la resistencia mecánica del concreto, mas no a la durabilidad, esto debido a que en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca se cuenta con los equipos y máquinas para la determinación de la resistencia del concreto, sin embargo, no se cuenta con materiales ni ambientes adecuados para determinar su durabilidad.

1.8. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Por la naturaleza de las variables fue una investigación de diseño experimental, con dos factores de control que son Sikadur 32 Gel y Chema Epox adhesivo 32

CAPÍTULO

II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

- Juan Macías Loayza Seminario desarrollo una tesis en la Pontificia Universidad Católica del Perú en el año 2008, en su tesis “Reparación de un Muro de Albañilería Confinada mediante varillas de Fibra de Vidrio” utilizo adhesivo Sikadur 32 Gel para puente de adherencia entre el concreto fresco de reparación y el concreto endurecido del muro construido y también lo aplico en las varillas de acero de las columnas existentes para lograr una mejor adherencia durante el vaciado; luego estos muros reparados fueron ensayados a carga lateral cíclica y concluyo que la técnica de reparación hizo que se recupere más de 6 veces la rigidez con la que terminó el muro original luego del ensayo de carga lateral al que fue sometido. Por lo tanto, se vuelve una técnica efectiva para aumentar rigidez y también que la técnica de reparación es muy fácil de aplicar por personas sin mucha experiencia en la construcción, solo es necesario algún tipo de capacitación. Además, llega a ser una buena opción para edificaciones de uso común debido al bajo costo en comparación a la construcción de un nuevo muro.

- Gustavo Adolfo Archila Ortiz desarrollo un estudio en la Universidad de San Carlos en Guatemala en el año 2007, el estudio titulado “Evaluación Sobre Adherencia entre Concreto Antiguo y Concreto Nuevo con dos tipos de Epóxicos” realizo pruebas para tres tipos de concreto como lo son el concreto de baja resistencia 140 kg/cm² (2000 psi), concreto estructural 210 kg/cm² (3000 psi) y de alta resistencia 352 kg/cm² (5000 psi), los cuales fueron ensayados a 7, 14 y 28 días para tener un registro de la evolución del concreto. Se usaron adhesivo tipo S y adhesivo tipo A, llegando a la conclusión de que la aplicación del adhesivo Tipo S es el más recomendable para su uso en la construcción, no sólo por la adecuada adherencia y resistencia, sino también desde un aspecto económico. La adherencia entre el concreto nuevo con el concreto viejo fue más efectiva utilizando

el adhesivo tipo S, el cual incrementó la resistencia de las probetas, esto se comprobó por el tipo de falla presentado por las probetas en las cuales se aplicó este tipo de adhesivo.

2.2. DEFINICIONES:

- **Absorción:** Es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un periodo de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas de le expresa como porcentaje de la masa seca. [NTP 400.021-2013]
- **Adherencia:** capacidad de agarre entre materiales, considerando la fricción entre los mismos [Astorga – 2009]
- **Adhesivos:** Agentes de unión; Fuerza de unión; Enlace de cizallamiento [ASTM C 882-2013]
- **Agregado:** Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.011. Se les llama también áridos. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado anguloso:** Son agregados que poseen aristas bien definidas formadas por la inserción de superficies aproximadamente planas. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado bien graduado:** Agregado cuya distribución de tamaños de partículas produce una densidad máxima, es decir minimiza los vacíos. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado fino:** Agregado extraído de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado grueso:** Agregado grueso retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la disgregación natural o artificial de roca. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado que pasa:** Por un tamiz determinado, expresado generalmente en peso o porcentaje siempre que no retenga más del 5 % en masa (peso) del material tamizado. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado retenido:** Un agregado es retenido por un tamiz cuando este no deja pasar más de un 5% en masa (peso) del material tamizado. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]

- **Aire accidental:** Vacíos de aire en las pastas, morteros u hormigones (concreto) de cemento Portland, no introducidos en forma intencional y que son significativamente más grandes que aquellos del aire incorporado, de 1 mm o mayor en tamaño. El aire accidental no mejora el desempeño. [NTP 339.047-2006]
- **Cemento Portland:** Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda. [NTP 400.017-2011]
- **Compactación:** Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de una mezcla de mortero o de hormigón (concreto) fresco. [NTP 339.047-2006]
- **Concreto de peso normal:** Tipo de concreto producido con agregados de densidad normal, frecuentemente piedra triturada o grava, y que tiene una densidad de aproximadamente 2400 kg/m³. [NTP 339.047-2006]
- **Contenido de aire:** Volumen total de vacíos de aire, sea incluido o atrapado, en la pasta de cemento, mortero u hormigón (concreto). El aire incluido aumenta la durabilidad del mortero u hormigón (concreto) endurecido sometido a congelación-deshielo y aumenta la trabajabilidad de las mezclas frescas. [NTP 339.047-2006]
- **Contracción (retracción):** Disminución de la longitud o de volumen de la pasta de cemento, mortero u hormigón (concreto) resultante, de cambios del contenido de humedad, de la temperatura y cambios químicos. [NTP 339.047-2006]
- **Curado:** Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del cemento, mortero u hormigón (concreto). [NTP 339.047-2006]
- **Curva granulométrica:** Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Densidad:** Es la masa por unidad de volumen de un material, expresado como kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico). [NTP 400.021-2013]
- **Densidad de masa del agregado:** Masa de una unidad de volumen de la masa material del agregado, en que el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen vacío entre partículas, expresado en kg/m³. [NTP 400.017-2011]

- **Gravedad específica:** Es la relación de la densidad de un material a la densidad del agua destilada a una temperatura indicada. [NTP 400.021-2013]
- **Dosificación:** Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque. [NTP 339.047-2006]
- **Ensayo de asentamiento:** Medida de la consistencia del mortero u hormigón (concreto) fresco expresada por el descenso de una masa plástica representativa de la pasta, al quedar libre del soporte metálico en que fue moldeado. [NTP 339.047-2006]
- **Ensayo de compresión diametral:** Ensayo de tracción por hendimiento, que consiste en romper un cilindro de hormigón (concreto), del tipo normalizado para ensayo de compresión, entre los cabezales de una prensa según generatrices opuestas. [NTP 339.047-2006]
- **Fraguado:** Condición alcanzada por una pasta, mortero u hormigón (concreto) de cemento cuando ha perdido plasticidad a un grado convencional, generalmente medido en términos de resistencia a la penetración; fraguado inicial se refiere a la primera rigidez; fraguado final se refiere a la adquisición de una rigidez significativa. [NTP 339.047-2006]
- **Granulometría:** Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Homogeneidad de agregados:** Una mezcla de agregados es homogénea cuando cumple con los límites granulométricos establecidos en cada porción de la misma. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Módulo de finura (MF):** Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Piedra triturada o chancada:** Se denomina así, al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Plasticidad:** Aquella propiedad de la pasta, concreto, mortero, grout o revoque fresco que determina su trabajabilidad, resistencia a deformación o facilidad de moldeo. [NTP 339.047-2006]

- **Relación agua-cemento (a/c):** Relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto. [NTP 339.047-2006]
- **Rendimiento:** Volumen por amasada (bachada, pastón) de concreto que se expresa en metros cúbicos (pies cúbicos). [NTP 339.047-2006]
- **Saturado superficialmente seco:** En relación a partículas del agregado, es la condición en la que los poros permeables de las partículas del agregado están llenos de agua hasta el punto en el que han alcanzado, por inmersión en agua, durante el periodo de tiempo determinado, pero sin contener agua libre en la superficie de las partículas. [NTP 400.022-2013]
- **Secado al horno:** En relación a las partículas del agregado. Es la condición en la que los agregados se han secado por calentamiento en un horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo suficiente para alcanzar una masa constante. [NTP 400.022-2013]
- **Segregación:** Separación de los componentes del concreto fresco (agregados y morteros), resultando en una mezcla sin uniformidad. [NTP 339.047-2006]
- **Tamaño máximo del agregado:** Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Tamaño nominal máximo del agregado:** Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Trabajabilidad:** Es la propiedad del concreto, mortero, grout o revoque fresco, que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado. [NTP 339.047-2006]
- **Vacíos:** En la unidad de volumen del agregado, espacio entre partículas en una masa de agregado no ocupado por la materia sólida del mineral. [NTP 400.017-2011]

2.3. BASES TEÓRICAS:

2.3.1. Concreto [Rivva (2014a)]

El concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional del ingeniero, el concreto es, en general, desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales.

La principal limitación a las múltiples aplicaciones que se pueden dar al concreto es el desconocimiento de alguno de los aspectos ya indicados; así como de la mayor o menor importancia de los mismos de acuerdo al empleo que se pretende dar al material. Ello obliga al estudio y actualización permanentes para obtener del concreto las máximas posibilidades que como material puede ofrecer al Ingeniero.

2.3.2. Requisitos de mezcla

Las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos:

a) La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados.

Esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener una exudación mínima.

b) La mezcla endurecida deberá tener las propiedades especificadas en función del empleo que se va a dar a la estructura.

c) El costo de la unidad cúbica de concreto endurecido deberá ser el mínimo compatible con la calidad deseada.

2.3.3. Composición del concreto

El concreto endurecido se compone de:

- Pasta
- Agregado

2.3.3.1. La pasta

a) **Elementos fundamentales:** Aquella parte del concreto endurecido conocida como pasta comprende a cuatro elementos fundamentales:

1. El gel, nombre con el que se denomina al producto resultante de la reacción química e hidratación del cemento;
2. Los poros incluidos en ella;
3. El cemento no hidratado, si lo hay;
4. Los cristales de hidróxido de calcio, o cal libre, que puedan haberse formado durante la hidratación del cemento.

Estos cuatro elementos tienen un papel fundamental en el comportamiento del concreto.

b) Funciones de la pasta

La pasta tiene cuatro grandes funciones en el concreto:

1. Contribuir a dar las propiedades requeridas al producto endurecido.
2. Separar las partículas de agregado.
3. Llenar los vacíos entre las partículas de agregado y adherirse fuertemente a ellas.
4. Proporcionar lubricación a la masa cuando ésta aún no ha endurecido.

c) Propiedades de la pasta

Las propiedades de la pasta dependen de:

1. Las propiedades físicas y químicas del cemento.
2. Las proporciones relativas de cemento y agua en la mezcla.
3. El grado de hidratación del cemento, dado por la efectividad de la combinación química entre éste y el agua.

d) Influencia de la pasta en el concreto

Sin desconocer el papel fundamental que tiene el agregado en las características finales del concreto, el comportamiento de éste como material de construcción está directamente influenciado por las características de la pasta y propiedades finales de ella.

Para un cemento dado, las características y porosidad de la pasta dependen fundamentalmente de la relación agua-material cementante y del grado de hidratación de éste; siendo mejores las propiedades del concreto y menor su porosidad cuanto más baja es la relación agua-material cementante de una mezcla trabajable y cuanto mayor es el grado de hidratación del cemento.

Dependiendo el grado de hidratación del cemento de la reacción química entre éste y el agua, todas aquellas condiciones que favorezcan la hidratación tienen importancia en la influencia de la pasta en el concreto.

2.3.3.2. Hidratación y curado del concreto

Se define como hidratación al proceso de reacción química del cemento en presencia del agua. La hidratación requiere de presencia de humedad, condiciones de curado favorables, y tiempo.

Se define como tiempo de curado al período durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada.

2.3.4. Agregado [Rivva (2014a)]

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto.

Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto.

Un adecuado conocimiento de la naturaleza física y química del concreto, así como del comportamiento de éste, implica necesariamente el de los materiales que conforman la corteza terrestre, estudiados a la luz de la geología y, específicamente, de la petrología.

2.3.4.1. Clasificación

El agregado empleado en la preparación del concreto se clasifica en agregado fino, agregado grueso y hormigón, conocido este último como agregado integral.

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el Tamiz de 3/8" y queda retenido en el tamiz N° 200. El más usual de los agregados finos es la arena, definida como el producto resultante de la desintegración natural de las rocas.

Se define como agregado grueso a aquel que queda retenido en el Tamiz N° 4 y es proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas. El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso proveniente de la disgregación y abrasión natural de materiales pétreos. Se le encuentra generalmente en canteras y lechos de ríos depositado en forma natural. La piedra

chancada, o piedra triturada, es el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas y gravas.

Se define como hormigón, o agregado integral, al material conformado por una mezcla de arena y grava. Este material, mezclado en proporciones arbitrarias se da en forma natural en la corteza terrestre y se le emplea tal como se le extrae de la cantera.

2.3.4.2. Funciones del agregado

Las tres principales funciones del agregado en el concreto son:

- a) Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de ésta por unidad de volumen y, por lo tanto, reduciendo el costo de la unidad cúbica de concreto.
- b) Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas, de desgaste, o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- c) Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento; de humedecimiento y secado; o de calentamiento de la pasta.

2.3.4.3. Interrelación agregado – concreto

Las propiedades del concreto, resultantes del empleo de un agregado determinado dependen de:

- a) La composición mineral de las partículas de agregado, la cual influye fundamentalmente sobre la resistencia, durabilidad y elasticidad del concreto.
- b) Las características superficiales de las partículas, las cuales influyen especialmente sobre la trabajabilidad, fluidez y consistencia del concreto; así como sobre la adherencia entre la pasta y el agregado.
- c) La granulometría de los agregados fino y grueso, definida por sí misma, así como por la superficie específica, módulo de fineza, y tamaño máximo del agregado grueso. Estas propiedades influyen fundamentalmente sobre las propiedades del concreto al estado no endurecido, sobre su densidad y sobre la economía de la mezcla.
- d) El volumen de agregado por unidad de volumen del concreto, el cual influye especialmente en los cambios de volumen debidos a los procesos de humedecimiento y secado; a los procesos de calentamiento y enfriamiento; así como en el costo de la unidad cúbica de concreto.

e) La porosidad y absorción del agregado, las cuales influyen sobre la relación agua-cemento efectiva, así como sobre las propiedades del concreto al estado no endurecido.

2.3.4.4. Naturaleza química del agregado

Aunque para propósitos prácticos el agregado es considerado usualmente químicamente inocuo, ello no siempre es cierto. En efecto, se ha encontrado que:

- a) Algunos agregados, naturales o artificiales, pueden entrar en reacción química con los constituyentes del cemento, especialmente con los álcalis, dando origen a múltiples problemas originados por la reacción y expansión álcali – agregado.
- b) Aunque la mayoría de los agregados ricos en sílice son en sí mismos resistentes a los ataques ligeramente ácidos; los agregados calcáreos, especialmente la calcita y la dolomita, pueden ser atacados por los ácidos.
- c) Aunque las motivaciones no están aún muy claras, se ha encontrado que los agregados carbonatados pueden, en algunas ocasiones, tener aplicación útil como agregados de sacrificio en concretos expuestos a ataques por ácidos débiles a medios, a fin de reducir el ataque a la pasta en sí misma y así prolongar la vida del concreto en el cual tales concretos son empleados.

2.3.5. Cemento [Rivva (2014a)]

El cemento es el componente más activo del concreto y, generalmente, tiene el mayor costo unitario. Por ello, y considerando que las propiedades del concreto dependen tanto de la cantidad como de la calidad de sus componentes, la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades deseadas para una mezcla dada.

En el mercado peruano existe variedad de cementos para ser empleados por el usuario y la mayoría de ellos proporcionan adecuados niveles de resistencia y durabilidad en las obras usuales.

Algunos de los cementos disponibles proporcionan niveles más altos para determinadas propiedades que aquellos exigidos por las especificaciones de la obra, por lo que siempre debe indicarse en éstas los requisitos exigidos para el cemento. Imponer requisitos que no son necesarios es antieconómico y, además, puede perjudicar características importantes del concreto

La importancia de elaborar especificaciones adecuadas es obvia, ya que ellas deben garantizar que sólo se ha de emplear la cantidad y tipo de cemento adecuados para alcanzar los requisitos que se desea obtener en el concreto. La totalidad de los cementos empleados en el Perú son cementos portland que cumplen con los requisitos que especifica la NTP 334.009 o su equivalente, la norma ASTM C 150; o cementos combinados, que cumplen con lo indicado en la NTP 334.090 o su equivalente, la norma ASTM C 595.

2.3.5.1. El Gel

El gel es el material rígido, de resistencia elevada, homogéneo, con un porcentaje de vacíos, conocidos como poros gel, del orden del 25% en volumen.

Se presenta al microscopio rodeado de una pequeña cantidad de clinker inalterado y de cristales de hidrato cálcico.

a) Formación

El proceso de formación del gel comienza aproximadamente una hora después del mezclado. Se inicia al brotar en toda la superficie de los granos de cemento una formación vermicular o de bastoncillos, la cual no está constituida por cristales simples sino por una sustancia de constitución homogénea compuesta de micro cristales no reconocibles, la cual se conoce como gel.

Este gel forma un filtro coloidal que parece presentar una tendencia a formar hojas enrolladas. La formación de cristales de tobermorita se desarrolla no sólo en la superficie de los granos sino también en el espacio capilar repleto de agua comprendido entre ellos.

Después de 24 horas del inicio de la hidratación, los espacios capilares se muestran ya considerablemente llenos de partículas de gel y, finalmente, después de 28 días, el gel ha rellenado el espacio capilar formando un ligamento entre los granos originales del cemento a los cuales ha unido estrechamente en su superficie de contacto.

La magnitud de la superficie específica del gel es de aproximadamente 2 000 000 cm²/gr, lo cual significa que durante el proceso de hidratación la superficie específica del cemento se hace unas mil veces mayor.

b) Fraguado

Cuando el cemento se mezcla con el agua, las reacciones químicas que se producen originan cambios en la estructura de la pasta, conservando la mezcla su plasticidad durante un cierto tiempo, desde pocos minutos hasta varias horas, para luego ocurrir varios fenómenos sucesivos

1. Un aumento relativamente brusco de la viscosidad acompañado de una elevación de temperatura de la pasta. A este proceso se le conoce como principio del fraguado o fraguado inicial.
2. Después de un período de algunas horas, la pasta se vuelve indeformable y se transforma en un bloque rígido. A este momento se le conoce como el fin del fraguado o fraguado final. No corresponde a un fenómeno particular como el principio del fraguado, su determinación es tan sólo teórica o convencional.
3. La resistencia aumenta con regularidad a medida que transcurre el tiempo. Es el proceso de endurecimiento.

Por lo tanto, el término «fraguado», o «tiempo de fraguado», es un concepto convencional que se emplea para designar el período que necesita una mezcla de cemento y agua para adquirir una dureza previamente fijada.

Es esencial que el fraguado no sea ni demasiado rápido ni demasiado lento. Si es muy rápido el tiempo será insuficiente para colocar el concreto antes que adquiera rigidez. Si es muy lento se pueden originar retrasos en el avance y utilización de la estructura.

Los tiempos de fraguado pueden estar influidos principalmente por cuatro variables: el contenido en SO_3 ; el contenido en C_3A ; el grado de finura; y la temperatura alcanzada en la molienda.

i. Esquema del proceso

Al mezclar el cemento con el agua la reacción principia inmediatamente y en toda su magnitud. Pocos minutos después del mezclado el agua se satura de hidrato cálcico y se produce una sobresaturación elevada.

El silicato tricálcico va pasando a solución dentro de la cual se disgrega rápidamente. La tobermorita se separa del gel y el hidrato cálcico que permanece libre cristaliza gradualmente en la propia solución

El agua absorbe del cemento cantidades importantes de álcalis, especialmente en forma de sulfatos, mientras que los aluminatos que habían pasado en solución son precipitados por la porción de yeso que se ha solubilizado, formando el sulfoaluminato de calcio insoluble o etringita.

Este proceso inicial motiva un endurecimiento, pero no disminuye la trabajabilidad de la masa. Por esta razón, durante los primeros momentos del fraguado el endurecimiento inicial de la masa puede ser eliminado mediante un remezclado mecánico. Este fenómeno de tixotropía puede ocurrir mientras la aguja Vicat es capaz de penetrar completamente la pasta.

ii. Regulación del fraguado

La formación de aluminato tricálcico hidratado o silicato tricálcico hidratado parece ser la causa del inicio del fraguado. El tiempo necesario para llegar a este principio de fraguado dependería de cuál de los hidratos se forma primero.

Si no hay presentes en el cemento reguladores de fragua o si el contenido de aluminato tricálcico es muy elevado, éste entra en solución rápidamente y se forma aluminato tricálcico hidratado. Esta formación puede ser lo suficientemente importante como para producir un fraguado instantáneo de la pasta acompañado de marcada elevación de calor

En el caso mencionado, el hidrato determinaría la estructura de la pasta. Pero si el contenido de este compuesto fuese bajo o se incorporara un material retardador el cual actuase reduciendo la solubilidad del aluminato tricálcico o retardando la precipitación del hidrato, se daría tiempo al reactivo más lento, el silicato tricálcico, para que entrara en solución y se precipitara en forma de silicato tricálcico hidratado. En este segundo caso sería el silicato tricálcico hidratado el que determinaría el fraguado y la estructura de la pasta. El tiempo de fraguado sería normal y no se producirían temperaturas elevadas

Es justamente la anterior la función que cumple en el cemento el sulfato de calcio, el cual en forma de yeso se muele conjuntamente con el clinker.

La presencia de sulfato de calcio produce una reacción con el aluminato tricálcico y el hidróxido de calcio, formando sulfoaluminato de calcio, muy difícilmente soluble, y reduciendo la concentración del aluminato tricálcico en solución por debajo del punto en que este compuesto hidratado se puede precipitar.

El proceso anterior continúa hasta que se agota el sulfato cálcico o el aluminato tricálcico, permitiendo la hidratación del silicato tricálcico durante este período.

Como resumen puede decirse que el fraguado normal es debido a la hidratación del silicato tricálcico, el cual necesita sólo unas cuantas horas para llegar a un punto determinado de rigidez. La reacción muy rápida del aluminato tricálcicos con el agua podría producir un fraguado instantáneo si no retrasara la misma la incorporación de sulfato de calcio el cual actúa como regulador del fraguado.

iii. Factores en la duración del fraguado

Cemento

Los cementos ricos en C_3A tienen un fraguado rápido que puede regularse por adición de yeso en la molienda.

Dentro de los valores usuales de fineza cuanto más fino es el cemento, más rápida es la fragua, tendiendo los cementos demasiado finos a desarrollar una fragua casi instantánea.

La meteorización aumenta la duración del fraguado en relación a la fineza del cemento y al contenido de agua

Agua

A menor cantidad de agua corresponde un tiempo de fraguado más corto.

Ei agua que contiene materia orgánica puede retardar la fragua.

El agua de mar, empleada como agua de amasado, puede modificar en algo los tiempos de fraguado.

Agregado

La presencia de humus o sustancias químicas en el agregado puede retardar el fraguado.

Clima

El aumento de temperatura ambiente disminuye el tiempo de fraguado y una disminución de temperatura tiende a aumentarlo. El fraguado en el aire húmedo a saturación es más lento que en el aire seco.

Compuestos

Determinados compuestos solubles actúan por reacción química modificando la velocidad de disolución del aluminato tricálcico. Su acción puede ser retardadora, caso de los lignosulfonatos, o acelerante, como los cloruros de calcio o de sodio.

iv. El falso fraguado

Cuando el yeso contenido en el cemento, aún en su cantidad normal u óptima, ha sido objeto de un sobrecalentamiento durante la molienda a temperaturas superiores a los 100 C, una parte de él, o incluso todo, según la intensidad del esfuerzo térmico, se deshidrata parcialmente, formando hemihidrato, o sea yeso aglomerante.

Este yeso hemihidratado (en cantidades de un 7% a un 10%), fragua a los pocos minutos, hidratándose a $\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, y produciéndose endurecimiento que, aunque con poca resistencia, llega a frenar o impedir incluso la mezcla del concreto que se prepara, produciéndose el fenómeno conocido como «falso fraguado»

El fenómeno de fraguado falso se manifiesta durante o después del mezclado y se caracteriza por un brusco aumento de la viscosidad de la pasta sin gran desprendimiento de calor.

Un mezclado adicional vuelve a dar a la pasta su plasticidad inicial, sin que las resistencias finales se modifiquen. No debe añadirse agua.

El falso fraguado proviene de la deshidratación del yeso durante la molienda conjunta con el clinker. La deshidratación depende del tiempo de molido, del tanto por ciento de humedad y de la temperatura. Durante el mezclado, el semihidrato, muy ávido de agua, forma cristales de yeso los cuales dan rigidez a la pasta.

El falso fraguado está supeditado a.

1. La cantidad de yeso deshidratado; no existiendo la posibilidad de fraguado falso cuando la cantidad de semihidratos producida se combine enteramente en el momento del mezclado con el aluminato tricálcico y el ferroaluminato tetracálcico
2. Su velocidad de precipitación, variable según la temperatura en el momento del amasado. El falso fraguado puede pasar inadvertido si tiene lugar durante el mezclado

Otra causa de fraguado falso puede estar asociada a la presencia de álcalis en el cemento. Los carbonatos alcalinos pueden reaccionar con el hidróxido de calcio producido por la hidrólisis rápida del silicato tricálcico, precipitando carbonato de calcio en cantidad suficiente para producir la rigidez de un fraguado.

Una calidad normal de cemento fragua inicialmente a los 40-50 minutos o a los 30 minutos para los cementos de mayor grado de finura, considerándose normal un tiempo de fraguado final entre 4 y 7 horas.

c) Endurecimiento de las pastas

Producido el proceso de fraguado e iniciado el de endurecimiento es necesario tener en consideración tres aspectos fundamentales.

1. Es la constitución de la pasta y, en primer lugar, su porosidad, la que determina la resistencia del conglomerado cementicio.
2. Al tratar el proceso de endurecimiento es necesario distinguir si lo que debe considerarse principalmente es la resistencia que se obtiene después del desarrollo del proceso de hidratación (resistencia final) o sí, por el contrario, lo más importante es el problema de la velocidad de endurecimiento.
3. La resistencia final de la pasta de cemento depende casi exclusivamente de la cantidad de agua empleada en el mezclado. Por el contrario, el ritmo o desarrollo del endurecimiento, o sea el tiempo necesario para que el concreto alcance la resistencia final, depende por una parte de la composición química y de la finura del cemento y, por la otra, de las condiciones de humedad y de temperatura que se tiene durante el proceso de endurecimiento.

d) Agua. propiedades físicas y químicas del agua de mezclado.

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto.

Las impurezas excesivas en el agua no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad.

El agua que contiene menos de 2,000 partes por millón (ppm) de sólidos disueltos totales generalmente puede ser utilizada de manera satisfactoria para elaborar concreto.

Carbonatos y bicarbonatos alcalinos. Los carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio tienen diferentes efectos en los tiempos de fraguado de cementos distintos. El carbonato de sodio puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días. También se deberá considerar la posibilidad que se presenten reacciones álcali-agregado graves.

Cloruros. La inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que los iones de cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo, o de los torones de presfuerzo. Los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (pH 12.5) presente en el concreto. El nivel de iones cloruro solubles en el agua en el cual la corrosión del acero de refuerzo comienza en el concreto es de aproximadamente 0.15% del peso del cemento. Del contenido total de ion cloruro en el concreto, sólo es soluble en el agua aproximadamente del 50% al 85%: el resto se combina químicamente en reacciones del cemento.

El Reglamento de construcción del American Concrete Institute, ACI 318, limita el contenido de ion cloruro soluble en agua para el concreto, a los siguientes porcentajes en peso del cemento:

Tabla N° 1: Contenido de ion cloruro soluble en agua

Concreto presforzado.	0.06%
Concreto reforzado expuesto a cloruros durante su servicio.	0.15%
Concreto reforzado que vaya a estar seco protegido contra la humedad durante su servicio	1.00%.
Otras construcciones de concreto reforzado	0.30%

Fuente: ACI 318S-2011 (2011)

Sulfatos. El interés respecto a un elevado contenido de sulfatos en el agua, se debe a las posibles reacciones expansivas y al deterioro por ataque de sulfatos, especialmente en aquellos lugares donde el concreto vaya a quedar expuesto a suelos o agua con contenidos elevados de sulfatos. Aunque se han empleado satisfactoriamente aguas que contenían 10,000 ppm de sulfato de sodio, el límite del producto químico sulfato, como SO₄, de 3,000 ppm, se deberá respetar a menos que se tomen precauciones especiales.

2.3.6. Adhesivo [Sika - 2014]

Las resinas sintéticas conformadas por polímeros tienen varias aplicaciones tales como adhesivos, rellenos de nivelación, sello de juntas, recubrimientos de protección del concreto.

Los adhesivos poliméricos tienen una gran variedad de aplicaciones en la construcción y en la rehabilitación (reparación, reforzamiento) de estructuras de concreto tales como:

- Pega de concreto o mortero fresco a concreto endurecido.
- Pega de concreto endurecido a concreto endurecido (prefabricados, dovelas).
- Pega estructural y/o sello de fisuras en el concreto.
- Pega de insertos como pernos y varillas o barras de refuerzo dentro del concreto (anclajes o fijaciones).
- Pega de concreto y otros materiales (acero, vidrio, madera, aluminio, cerámica, membranas poliméricas).
- Conformación y pega de sistemas de reforzamiento externo (metálico, materiales compuestos FRP).
- Relleno de cavidades del concreto.

La frase “para lograr la unión de concreto fresco a concreto endurecido basta con una adecuada preparación de superficie” se utiliza a menudo en obra, con resultados en

buenos, regulares y malos, reflejando la misma falencia que la frase muestra en su texto. Se habla de lograr “la unión” pero no se define el tipo de unión que se logra, es decir si esa unión es buena, regular o mala.

La unión débil de dos materiales no sólo puede conducir a fallas de la reparación, recalce, etc, sino que deja un plano de falla invisible a simple vista, pero suficientemente abierto para que el agua y agentes agresores presentes en el medio ambiente penetren, deterioren y den pie a la corrosión del acero de refuerzo, generando con el tiempo una nueva rehabilitación, esta vez más complicada pues ya está comprometido el refuerzo.

2.3.6.1. Adhesivos Epóxicos [ASTM C 881 - 2008]

2.3.6.1.1. Descripción:

Los adhesivos epóxicos están generalmente compuestos por una resina epóxica, un agente curador de amina o poliamida, diluyentes reactivos y, en algunos casos, llenantes inorgánicas y agentes tixotrópicos. Los adhesivos epóxicos generalmente tienen una excelente adhesión debido a su relativamente baja contracción de curado, con una baja tensión superficial y propiedades moleculares que mejoran su atracción a una amplia variedad de substratos. Son muy tolerantes a la alcalinidad del concreto.

Los adhesivos epóxicos que cumplen la especificación ASTM C 881 se adherirán a los substratos del concreto y algunos curan y adhieren bajo el agua. Los epóxicos son resistentes al ataque de ácidos, aceites, álcalis y solventes.

Esta especificación cubre sistemas de unión de resina epoxi de dos componentes para aplicación en hormigón de cemento portland, que son capaces de curar en condiciones húmedas y adherirse a superficies húmedas, y cumplir con el AASHTO M 235 (ASTM C 881).

a. Siete tipos de sistemas están cubiertos por esta especificación.

(1) Tipo I - Para uso en aplicaciones sin carga para la unión de hormigón endurecido al hormigón endurecido y otros materiales, y como aglutinante en morteros epóxicos o concretos epoxi.

(2) Tipo II - Para uso en aplicaciones sin carga para el pegado de hormigón recién mezclado al hormigón endurecido.

(3) Tipo III - Para uso en el pegado de materiales antideslizantes al hormigón endurecido y como aglutinante en morteros epóxicos o concretos epoxídicos utilizados en superficies portantes de tráfico (o superficies sujetas a movimientos térmicos o mecánicos).

(4) Revestimiento de tipo III - Para uso en revestimientos de hormigón polímero multicapa y como aglutinante en morteros epóxicos o concretos epoxídicos utilizados en superficies portadoras de tráfico (o superficies sujetas a movimientos térmicos o mecánicos).

(5) Tipo IV - Para uso en aplicaciones de carga para la unión de hormigón endurecido a hormigón endurecido y otros materiales, y como aglutinante para morteros epoxi y hormigón.

(6) Tipo V - Para uso en aplicaciones de soporte de carga para la unión de hormigón recién mezclado al hormigón endurecido.

(7) Tipo VI - Para la unión y el sellado de elementos segmentados pre-moldeados con tendones internos y construcción span-by-span cuando se aplica post-tensión temporal.

(8) Tipo VII - Para uso como un sellador no tensor para elementos segmentados pre-moldeados cuando no se aplica tensión post-tensión temporal como en la construcción span-by span.

b. Tres tipos de sistemas están cubiertos por esta especificación.

(1) Grado 1 - Baja viscosidad (0-2,0 Pa)

(2) Grado 2 - Viscosidad media (2,0-10 Pa)

(3) Grado 3 - consistencia sin fluidez.

c. Las clases A, B y C se definen para los tipos I a V, y las clases D, E y F se definen para los tipos VI y VII, de acuerdo con el intervalo de temperaturas para el cual son adecuados. La temperatura en cuestión es usualmente la de la superficie del hormigón endurecido a la que se va a aplicar el sistema de unión. Esta temperatura puede ser considerablemente diferente de la del aire. Cuando se desean velocidades de curado inusuales, es posible utilizar una clase de agente de unión a una temperatura distinta a la que normalmente se pretende. Por ejemplo, un sistema de Clase A curará rápidamente a temperatura ambiente. Cualquier desviación de este tipo debe ser aprobada por el Ingeniero antes de la aplicación. Las clases se definen como sigue:

(1) Clase A - Para uso por debajo de 40°F. La temperatura más baja permitida es definida por el fabricante del producto.

(2) Clase B - Para uso entre 40 y 60°F.

(3) Clase C - Para uso por encima de 60°F. La temperatura más alta permitida es definida por el fabricante del producto.

(4) Clase D - Para uso entre 40 y 65°F.

(5) Clase E - Para uso entre 60 y 80°F.

(6) Clase F - Para uso entre 75 y 90°F.

2.3.6.1.2. Requerimientos:

Proporcionar material que cumpla con AASHTO M 235 (ASTM C 881).

Para los recubrimientos tipo III Overlay, Grado 1 o 2, 100% de sólidos, termoendurecibles, epoxi insensibles a la humedad, que cumplan con AASHTO M 235 (ASTM C 881), con las siguientes excepciones en la Tabla 1705-1:

Tabla N° 2: Requisitos adicionales para la epoxia de recubrimiento de tipo III

TABLA 1705-1: REQUISITOS ADICIONALES PARA LA EPOXIA DE RECUBRIMIENTO DE TIPO III		
Propiedad	Requisito	Método de prueba
Viscosidad	7-25 poises	ASTM D2393, Brookfield RVT, Spindle No. 3 at 20 RPM
Tiempo de gel	15-45 min.	ASTM C 881, para. 11.2.1 modified, 50 to 100 ml sample.
Resistencia a la compresión*, 3 hr.	1000 psi min.	ASTM C 109, w/ plastic inserts
Fuerza compresiva*, 24 hr.	5000 psi min.	ASTM C 109, w/ plastic inserts
Resistencia a la tracción, 7 días	2000-5000 psi	ASTM D 638
Elongación, 7 días	30-70 por ciento	ASTM D 638
Fuerza adhesiva, 24 hr.	250 psi min.	ACI 503R, Appendix A

Fuente: ASTM C 881 (2008)

2.3.6.1.3. Método de prueba estándar para resistencia a la adherencia de sistemas de resina epoxídica utilizados con hormigón [ASTM C 882 – 2008]

La resistencia de unión se determina usando el epoxi sistema para unir entre sí dos secciones iguales de un 3 por 6 pulgadas. [75 por 150 mm] cilindro de mortero de cemento portland, cada sección tiene un área de unión fundida diagonalmente en un ángulo de 30° desde vertical. Después de un endurecimiento adecuado del agente de unión, se determina la resistencia a la compresión del Cilindro compuesto.

a. Aparato

- Aparatos para Mezclar Mortero de Cemento Portland Este aparato deberá ser como se describe en el Método de Ensayo C 109 / C 109M, excepto para las secciones sobre moldes de muestras y máquina de prueba.
- Moldes de muestras: Los moldes se construirán en forma de cilindros derechos, de $3\ 6\ 1/16$ pulg. [75 6 2 mm] de diámetro interior y de $6\ 6\ 1/16$ pulg. [150 6 2 mm] de altura. Todos los moldes se seleccionarán o mecanizarán de modo que el alcance máximo de las diferencias en cada una de las dimensiones del grupo de moldes es inferior a 0,5 mm (1/64 in). Los moldes deberán ser de metal no atacado con mortero de cemento portland. El lado del molde debe ser lo suficientemente rígido para evitar la dispersión o deformación. Los moldes se deben hacer estancos antes de su uso. Un material satisfactorio para este propósito es la mezcla de parafina-colofonia descrita en el Método de Ensayo C 109 / C 109M.
- Sección simulada-Una sección simulada (Fig. 1) se mecanizará de un material duro que no sea atacado por el cemento portland. Se ajustará al molde y será igual a la mitad del volumen del cilindro, pero a un ángulo de 30° con respecto a la vertical. Pueden hacerse secciones de maniquí adicionales colando un mortero de epoxiresina contra la sección de maniquí mecanizada contenida en un molde de muestra. Deben tomarse las debidas precauciones, tales como depilación con cera, para evitar la unión del mortero de resina epóxídica a la sección falsa mecanizada o al molde.
- Barra de sujeción: La varilla de apisonamiento debe ser una varilla redonda de latón o plástico de [10 mm] de diámetro y aproximadamente [12 mm] de longitud, con los dos extremos redondeados a las puntas hemisféricas.
- Aparatos para Mezclar el Sistema de Vinculación de Resina Epoxi-Un recipiente de vidrio, plástico o metal de aproximadamente 3 oz. Se utilizará [0,1 L] de capacidad para mezclar manualmente el sistema de unión. Se utilizará como paleta un depresor de lengüeta o palo de madera de dimensiones similares.
- Máquina de ensayo: La máquina de ensayo deberá ser como se describe en el Método de Ensayo C 39 / C 39M.
- Habitación Húmeda-La habitación húmeda deberá cumplir con los requisitos de la Especificación C 511.

- Cámaras de acondicionamiento de temperatura - Habitaciones o cámaras en las que la temperatura se mantiene adecuada a la clase del sistema de resina sometido a prueba, de acuerdo con la especificación C 881 / C 881M.

b. Materiales

- Las condiciones de laboratorio, los materiales, las proporciones y los procedimientos para mezclar el mortero portland-cemento deberán ajustarse al Método de Ensayo C 109 / C 109M. Se utilizará un cemento tipo III (especificación C 150).
- Aceite ligeramente la sección falsa y el molde del cilindro. Coloque la sección simulada en el molde con el lado inclinado hacia arriba. Coloque el mortero de cemento portland en el molde en tres capas de volumen aproximadamente igual. Golpear cada capa con 25 golpes de la barra de apisonamiento. Distribuya los golpes uniformemente sobre la sección y el vástago lo suficientemente profundo para penetrar en cualquier capa subyacente. Golpear la capa inferior tan profundamente como sea posible. Suelte la superficie de la capa superior con la llana, y cubra la muestra y el molde con una placa de vidrio o de metal. Curar el medio cilindro de mortero de acuerdo con la Práctica C 192 / C 192M durante al menos 28 días. A continuación, seque el medio cilindro en aire de laboratorio durante al menos 7 días. Como alternativa, un sistema completo de 3 por 6 pulg. [75 por 150 mm] se funde y, después del curado, se puede cortar en sierra con un ángulo de 30 °.

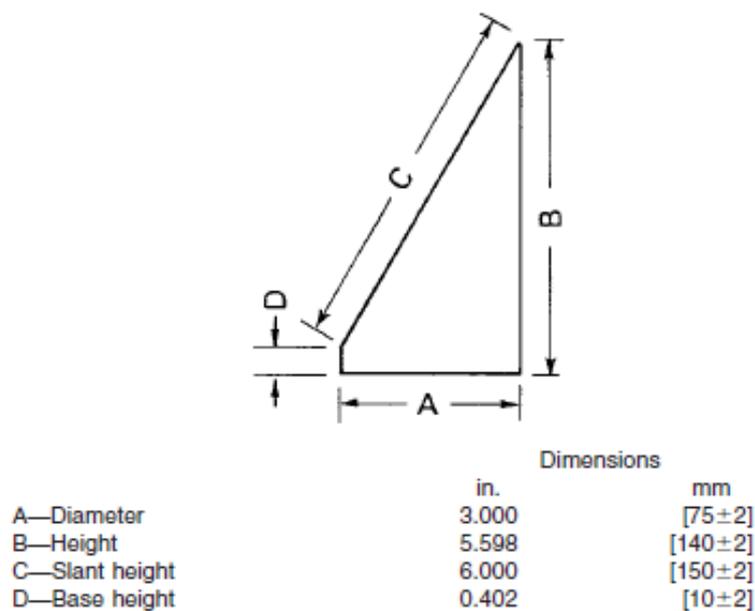


Imagen N° 1: Dimensiones de sección

Fuente: ASTM C 882 (2008).

- A:3 por 6 pulg. [75 por 150 mm] del mortero deberá tener una resistencia a la compresión, cuando se someta a ensayo de acuerdo con 11.3, de al menos 4500 psi [31 MPa] a los 28 días de edad.

c. Muestras de prueba

Se requieren tres muestras de ensayo compuestas para todos los tipos de sistemas de resina.

- Acondicionamiento:

1 Sistemas de los Tipos I, III, IV, VI y VII - Condicione los componentes del sistema de resina, las secciones de mortero y todo el equipo que entre en contacto con la resina a las temperaturas especificadas en la Especificación C 881 / C 881M.

1.1 Preparar las muestras de ensayo y prever su mantenimiento a la temperatura adecuada durante todo el tiempo de curado. Prepare la superficie que se va a pegar mediante chorro de arena y cepillado en seco para eliminar todo el material superficial suelto.

1.2 Utilizar secciones y ensamblajes de mortero que hayan sido empapados en agua durante 24 h. Coloque la cara de las secciones de mortero que se van a pegar sobre un material absorbente durante 10 minutos antes de aplicar el adhesivo. Para muestras ensayadas, retire toda el agua agitando. Dejar secar al aire durante 15 min.

2 Sistemas de Tipo II y Tipo V-Puesto que las resinas de Tipo II y Tipo V son apropiadas para su uso solamente a temperaturas que permitan la ganancia de resistencia del concreto recién preparado, sólo la temperatura de acondicionamiento para una resina Clase C, 73 6 2 ° F [23 6 1 ° C], deben proporcionarse.

- Preparación de la muestra:

1 Sistemas de Tipo I, III, IV, VI y VII, Grado 2 o 3 - Se necesitarán dos secciones de mortero para cada muestra de ensayo.

Envuelva 4 mil (100 µm) de película de polietileno 6 por 20 pulgadas [150 por 500 mm] alrededor de una sección de cada par, incluso con la base y asegúrela con cinta adhesiva. Mezcle bien los componentes del sistema de unión en las proporciones recomendadas por el formulador. Un tiempo de mezcla de 3 min debe ser suficiente. Apoyar la sección de mortero envuelta en película de modo que la superficie de unión preparada sea horizontal.

1.1 Para ensayar sistemas de Grado 2, aplique una capa de 0,02 pulgadas [0,5 mm] de los sistemas de unión a la superficie elíptica preparada de la sección de mortero envuelta en

película. Utilizando sistemas de Grado 3, aplique una capa de 0,5 mm (0,02 pulg.) De sistema de unión en la superficie elíptica preparada de la sección de mortero no envuelta en película. Para la determinación de la resistencia de contacto (Especificación C 881 / C 881M) de los sistemas de Tipo VI y VII, aplique un filtro de 1/16 pulg. [2,0 mm] a la superficie elíptica preparada de ambas secciones de mortero.

1.2 Insertar secciones de mortero no filmadas en el cilindro formado por película que rodea otras secciones de mortero y

Exprimir el exceso de resina a través de un agujero, o agujeros, perforado en la película en la línea de enlace, manteniendo la articulación horizontal.

Asegure el conjunto con suficiente cinta adhesiva adicional colocada alrededor de la película. Asegúrese de que la junta esté completamente llena. Mantenga la unión unida horizontal durante 48 h, luego retire toda la cinta adhesiva.

3.2 Sistemas de Grado 1 de Tipo I, III y IV - Se necesitarán dos secciones de mortero para cada muestra de ensayo. Prepare la superficie de unión elíptica como se describe en 10.2. Coloque las dos mitades de la muestra juntos, formando un hueco de aproximadamente 0,02 pulgadas [0,5 mm]. Envuelva la cinta adhesiva alrededor de la periferia de la muestra cerca de cada extremo. Coloque cinta adhesiva adicional a lo largo de la junta. Cubra la cinta sobre la junta con parafina caliente para ayudar a contener la epoxi cuando se vierte en la rendija. Apoyar el espécimen para que la junta con cinta adhesiva sea vertical. Corte una ranura en la cinta para exponer aproximadamente 3/4 pulg. (20 mm) de la parte superior de la junta. Vierta lentamente el sistema de unión de resina en la junta expuesta hasta que esté completamente lleno. Mantenga la junta vertical durante 48 h, luego retire toda la cinta adhesiva.

3 Sistemas de Tipo II y V - Se necesitará una sección de mortero endurecido para cada muestra de ensayo. Prepare la superficie del mortero como se describe en 10.2, pero no tape alrededor del borde. Mezclar los componentes del sistema de unión como se describe

- Cepille el sistema de unión sobre la superficie preparada. Coloque la sección de mortero cebado en el molde del cilindro que ha sido previamente revestida con una lámina de polietileno de 4 mil (100 μ m). Apoyar el molde para que la superficie de unión de la sección de mortero sea horizontal. Coloque una capa de mortero de cemento portland recién mezclado sobre la superficie imprimada a una profundidad de aproximadamente 1/2 pulg. [15 mm]. Nivele la capa con la barra de apisonamiento suavemente, con el fin de perturbar la capa de resina lo menos posible. Coloque el molde en su posición vertical

normal, y coloque mortero adicional en el molde en dos capas de volumen aproximadamente igual. Nivele cada capa con 25 golpes de la barra de apisonamiento. Distribuir los trazos sobre la sección transversal, y hacerlos lo suficientemente profundo para penetrar en la capa subyacente. Retirar la superficie de la capa superior con la llana, y cubrir el molde con una placa de vidrio o metal.

- Curado:

1 Sistemas de tipo I, III, IV, VI y VII: Mantenga todos los especímenes a la temperatura de preparación en una habitación húmeda durante el período de tiempo especificado.

2 Sistemas de tipo II y V: Desmoldar las probetas y curar de acuerdo con la sección de curado de la Práctica C 192 / C 192M.

d. Procedimiento

- Retire los especímenes del ambiente de curado después de la hora especificada.
- Caperuza: tapar los especímenes inmediatamente después de retirarlos del curado de acuerdo con la Práctica C 617.
- Ensayo de resistencia: Pruebe los especímenes a 73 6 2 ° F [23 6 1 ° C] en compresión después del taponamiento de acuerdo con el Método de Ensayo C 39 / C 39M.

e. Cálculo

- Calcular la resistencia de unión del sistema de unión de resina dividiendo la carga transportada por la muestra en el fallo por el área de la superficie adherida (Nota 1). Reducir el área de la superficie adherida por la de cualesquiera vacíos encontrados en el enlace en la inspección después de la prueba. Sólo se deben contar los huecos mayores de 1/8 pulg. [3 mm] para reducir el área. Informe los resultados al más próxima a 10 psi (0,1 MPa).

NOTA 1-El área de la superficie de unión elíptica de los cilindros de prueba especificados en este método de ensayo es 14,13 pulg.² [9116 mm²]. El área real debe basarse en medir las longitudes de los dos ejes para las áreas de una elipse [0.7854 a b]

CAPÍTULO

III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó en el laboratorio de materiales “Carlos Esparza Díaz”, en la Facultad de Ingeniería – edificio 1C, con dirección Av. Atahualpa N° 1050, en los meses de abril a diciembre del 2016.

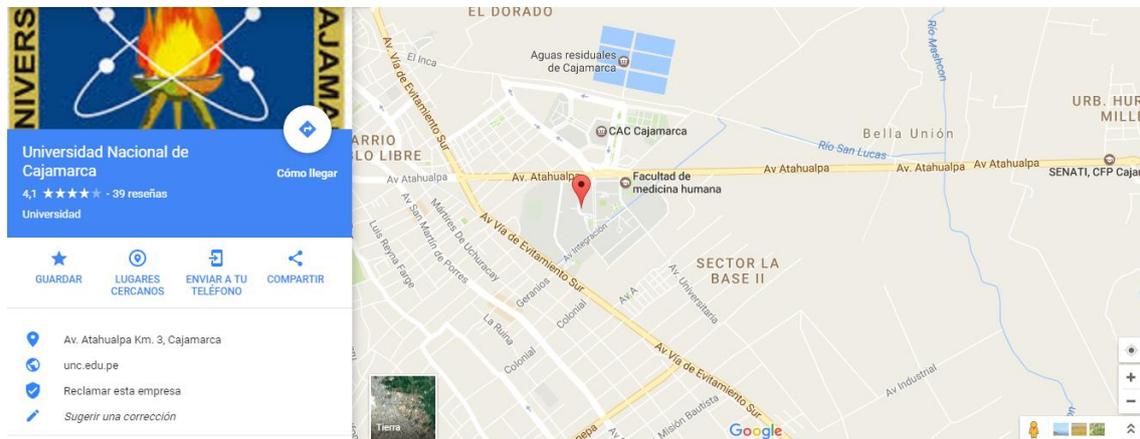


Imagen N° 2: Fotografía satelital de la ubicación del estudio

Fuente: <https://www.google.com.pe/maps>

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación:

Por la naturaleza de las variables será una investigación de diseño experimental, con un solo factor de control modificable (unifactorial), el cual será el uso de dos tipos de adhesivos para unir concreto fresco y concreto endurecido.

3.2.2. Variables:

Variable independiente: Uso de Adhesivo Sikadur 32 Gel o Chema Epox Adhesivo 32.

Variable dependiente: Resistencia de mezclas de concreto fresco y endurecido.

La unidad de análisis de esta investigación se denominó “especimen de concreto”, que es la denominación técnica correcta, sin embargo, suele llamarse comúnmente “probeta”. En consecuencia, la población de estudio fue el conjunto de especímenes de concreto; por lo tanto, la muestra fue intencional por conveniencia en un total de 120 especímenes: 15 especímenes cilíndricos para los ensayos a compresión y 15 especímenes cilíndricos para los ensayos a tracción de concreto normal u homogéneo, 15 especímenes cilíndricos para los ensayos a compresión y 15 especímenes cilíndricos para los ensayos a tracción de concreto con puente de adherencia sin adhesivo, 15 especímenes cilíndricos para los ensayos a compresión y 15 especímenes cilíndricos para los ensayos a tracción de concreto fresco y endurecido utilizando adhesivo Sikadur 32 Gel, 15 especímenes cilíndricos para los ensayos a compresión y 15 especímenes cilíndricos para los ensayos a tracción de concreto fresco y endurecido utilizando Chema Epox Adhesivo 32.

3.3. CANTERA DE ESTUDIO

3.3.1. Ubicación:

El lugar de obtención de los agregados es de la planta de chancado “Roca Fuerte” ubicada en el distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.

3.3.2. Obtención de los agregados:

Los agregados utilizados en esta tesis tienen un proceso de selección antes de ser vendidos, son extraídos de las márgenes del Rio Chonta para ser explotados en la planta de chancado “Roca Fuerte”, la potencia de explotación es de 1.80 en su punto más profundo. Los materiales son extraídos con maquinaria pesada de los márgenes del río utilizando cargadores frontales y se transportan hacia la cantera a través de volquetes, luego son lavados, triturados y tamizados para su venta. El material es triturado y separado mecánicamente a través de la máquina aquí se hace una clasificación en TMN de 1/2", 3/4" y 1" para su posterior despacho.

3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO

3.4.1. Estudio de los agregados: características físicas y mecánicas

La determinación de las propiedades y características de los agregados es muy importante para la elaboración del concreto, ya que de estos depende la resistencia, trabajabilidad, durabilidad, así como el comportamiento de los elementos estructurales.

Para evaluar y verificar las características de los agregados se usaron las normas técnicas NTP o sus equivalentes en normas internacionales como las ASTM.

3.4.2. Extracción y preparación de muestras para ensayos

Para la obtención del agregado fino y grueso de estudio se realizaron los procedimientos de muestreo descritos en la NTP 400.010-2011, en concordancia con la Norma ASTM D75, donde se describe la obtención de agregados almacenados en pilas.

- **Obtención de la muestra desde pilas de acopio o unidades de transporte:**

De ser posible evitar la toma de muestras de agregado grueso o agregado mezcla gruesa y fina de las reservas de unidades de transporte, particularmente la muestra es realizada para el propósito de la determinación de las propiedades del agregado que puedan depender de su granulometría. Si las circunstancias hacen necesario obtener muestras de agregado grueso o agregado mezcla gruesa y fina de las reservas de unidades de transporte, designar un plan de muestreo para este caso específico, aceptado por todas las partes involucradas; esto permitirá a la entidad que realiza el muestreo el uso de un plan que le dará confianza de los resultados obtenidos, de aceptar esta situación particular. El plan de muestreo definirá el número de muestras necesarias para representar los lotes o sub-lotes de medidas específicas. Los principios generales para el muestreo de depósitos, son aplicables a muestreo de camiones, vagones, barcazas u otras unidades de transporte.

El número de las muestras de campo requeridas depende del estado y variación de la propiedad a medirse. Designar cada unidad de la que se obtuvo la muestra de campo, previa al muestreo. El número de muestras de la producción deberá ser suficiente como para otorgar la confianza deseada en los resultados de los ensayos

Las masas de las muestras de campo citadas son tentativas. Las masas deberán ser previstas para el tipo y cantidad de ensayos a los cuales el material va a estar sujeto y obtener material suficiente para ejecutar los mismos apropiadamente. La norma de aceptación y ensayos de control están cubiertas por las NTPs, donde se especifica la porción de la muestra de campo requerida para cada ensayo específico. En general, las cantidades indicadas en la Tabla N° 01 proveerán material adecuado para análisis granulométrico y ensayos de calidad rutinarios. Se extraerán porciones de muestra en el campo de acuerdo con el método de ensayo normalizado que se presenta en ASTM C 702 o por otros métodos de ensayo que sean aplicables.

Tabla N° 3: Porción de la muestra de campo requerida para los ensayos de laboratorio

Tamaño del agregado	Masa de la muestra de campo, mín. Kg (lbs)	Muestra de campo Volumen mín. L (Gal)
Agregado Fino		
2.36 mm [N° 8]	10 [22]	8 [2]
4.75 mm [N° 4]	10 [22]	8 [2]
Agregado Grueso		
09.5 mm [3/8 in.]	10 [22]	8 [2]
12.5 mm [1/2 in.]	15 [35]	12 [3]
19.0 mm [3/4 in.]	25 [55]	20 [5]
25.0 mm [1 in.]	50 [110]	40 [10]
37.5 mm [1 1/2 in.]	75 [165]	60 [15]
50.0 mm [2 in.]	110 [220]	80 [21]
63.0 mm [2 1/2 in.]	125 [275]	100 [26]
75.0 mm [3 in.]	150 [330]	120 [32]
90.0 mm [3 1/2 in.]	175 [385]	140 [37]

Fuente: NTP 400.010-2011

➤ **Procedimiento:** se realizó la extracción de la muestra tomando en cuenta lo mencionado antes, el procedimiento fue el siguiente.

- Para agregado grueso, se tomó la muestra en tres lugares, de la parte superior de la pila, del punto medio, y del fondo.

- Para agregado fino, se tomó la muestra que se encuentra bajo el material superficial, en tres lugares aleatorios.

Luego de seleccionar los materiales se los llevo a un camión para trasladarlos al Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNC.

3.4.3. Reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayo

Se realizó la reducción de las muestras de acuerdo con la norma NTP 400.043 o su equivalente la Norma ASTM C 702.

➤ **Procedimiento:** El material producto del ensayo fue colocado sobre una superficie libre de impurezas que puedan contaminar el mismo, luego se batió por tres veces el material con ayuda de una palana formando un pequeño montículo, enseguida se esparció el agregado de forma circular y se lo dividió en cuatro partes de apariencia simétrica, se tomó dos mitades opuestas y se procedió a repetir el ensayo hasta obtener las muestras según los pesos necesarios aproximados para cada ensayo

3.4.4. Granulometría

3.4.4.1. Granulometría del agregado grueso

De acuerdo a las normas NTP 400.037 o la ASTM C33 el agregado grueso debe tener una granulometría que este dentro de los límites establecidos por estas normas.

Tabla N° 4: Requisitos granulométricos del agregado grueso

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1 ½ pulg)	25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (¾ pulg)	12.5 mm (½ pulg)	9.5 mm (¾ pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm. a 37.5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...
2	63 mm. a 37.5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm. a 25.0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm. a 4.75 mm (2 pulg a N° 4)	...	...	...	100	90 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 mm. a 4.75 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 mm. a 4.75 mm (1 ½ pulg a N° 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 mm. a 12.5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25 mm. a 9.5 mm (1 pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25 mm. a 4.75 mm (1 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19.0 mm. a 9.5 mm (¾ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	...	...
67	19.0 mm. a 4.75 mm (¾ pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 mm. a 4.75 mm (½ pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9.5 mm. a 2.36 mm (¾ pulg a N° 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	9.5 mm. a 1.18 mm (¾ pulg a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9	4.75 mm. a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Fuente: NTP 400.037-2002

- Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida.

3.4.4.2. Granulometría del agregado fino

La granulometría del agregado fino deberá estar dentro de los límites indicados en la norma NTO 400.037 o la ASTM C33.

Tabla N° 5: Análisis granulométricos del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que Pasa
9.5 mm (3/8 pulg.)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	05 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Fuente: NTP 400.037-2002

- Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida
- El hormigón (concreto) con agregado fino cercano a los mínimo porcentajes de las mallas 300 µm (N° 50) y 150 µm (N° 100), puede tener dificultades con la trabajabilidad, bombeado o excesiva exudación, lo que puede regularse con adiciones finas (fillers) o aditivos incorporadores de aire.
- El módulo de fineza recomendable está entre 2.3 y 3.1.

3.4.4.3. Análisis Granulométrico de los agregados

El análisis granulométrico tanto del agregado fino como del agregado grueso se desarrollaron de acuerdo a lo estipulado en la norma NTO 400.012 o en la ASTM C 136.

➤ **Aparatos:** Los aparatos y equipos a utilizar son los siguientes:

a) **Balanzas:** Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino, grueso y global deberán tener la siguiente exactitud y aproximación:

- Para agregado fino, con aproximación y exacta a 0.1 g o 0.1 % de la masa de la

muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

- Para agregado grueso o agregado global, con aproximación y exacta a 0.5 g o 0.1% de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

b) Tamices: Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001.

c) Horno: Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

➤ **Procedimiento:** El procedimiento es como sigue:

a) Se seleccionó la muestra de acuerdo a lo indicado en la norma NTO 400.010.

b) Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$.

c) Se seleccionó tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado. Se encajó los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y se colocó la muestra en partes sobre el tamiz superior. Se agitó los tamices manualmente.

d) Se continuó el tamizado por un periodo suficiente, de tal manera que al final no más del 1% de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 minuto de tamizado.

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I



Imagen N° 3: Análisis granulométrico de los agregados

3.4.4.4. Materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200:

Se realizó el ensayo de materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200 de acuerdo a lo establecido por la norma NTP 400.037 o la ASTM C33, también lo descrito en la NTP 400.018, para ello se obtendrá una muestra del tamaño apropiado según la siguiente tabla:

Tabla N° 6: Cantidad mínima de muestra para partículas menores al tamiz N° 200

Tamaño máximo nominal del agregado	Cantidad mínima, g
4.75 mm (N° 4) o más pequeño	300
Mayor que 4.75 mm (N° 4) a 9.5 mm (3/8 pulg)	1000
Mayor que 9.5 mm (3/8 pulg) a 19 mm (3/4 pulg)	2500
Mayor a 19 mm (3/4 pulg)	5000

Fuente: NTP 400.018-2013

➤ **Aparatos:** Se describen a continuación:

a) Tamices: Se utiliza el tamiz normalizado de 1,18 mm (N° 16) y el de 75 µm (N° 200), que cumplan con los requisitos de la Norma NTP 350.001.

b) Recipientes: Un recipiente de suficiente tamaño para contener la muestra cubierta con agua y permitir una agitación vigorosa sin pérdidas de la muestra ni el agua.

c) Balanza: Sensible a 0.1% del peso medido.

d) Estufa: Una estufa de tamaño suficiente capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

➤ **Procedimiento:**

a) Se secó la muestra de ensayo a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, se determinó la cantidad con una aproximación al 0.1% de la masa de la muestra de ensayo.

b) Después de secar y determinar la masa, se colocó la muestra de ensayo en el recipiente y adicionó agua suficiente para cubrirla. Se agitó la muestra vigorosamente con el fin de separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz normalizado de $75\text{ }\mu\text{m}$ (Nº 200) de las partículas gruesas, y llevar el material fino a la suspensión. Se vertió inmediatamente el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices, colocando el tamiz más grueso en la parte superior.

c) Se adiciono una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente con una manguera, se agitó y decantó como antes. Se repetir esta operación hasta que el agua de lavado estuvo clara.

d) Se devolvió todo el material retenido sobre los tamices mediante un chorro de agua. Se secó el agregado lavado a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se determinó la masa con aproximación al 0.1 % de la masa original de la muestra.

➤ **Cálculo:** Se calculó la cantidad de material que pasa el tamiz normalizado de $75\text{ }\mu\text{m}$ (Nº 200) por vía húmeda tal como sigue:

$$A = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100$$

Dónde:

A = Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de μm (Nº 200) por vía húmeda.

P1 = Masa seca de la muestra original, g

P2 = Masa seca de la muestra luego del lavado, g

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I

3.4.5. Tamaño máximo del agregado grueso

Según la NTP 400.037 el tamaño máximo es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

Granulometrías muy distintas pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso. Ello debe tenerse presente en la selección del agregado, de su granulometría y las proporciones de la mezcla.

3.4.6. Tamaño máximo nominal del agregado grueso

De acuerdo a la NTP 400.037 es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. La NTP 400.010 nos indica que el tamaño máximo nominal del agregado es igual a un tamaño mayor que el primer tamiz que retiene más que el 10% del agregado.

3.4.7. Módulo de fineza

Este módulo es generalmente determinado para el agregado fino, sin embargo, en algunas metodologías de diseño de mezclas es necesario obtener el módulo de fineza del agregado grueso.

Los agregados que presentan un módulo de fineza bajo indican una preponderancia de las partículas más finas con un área superficial total muy alta, la que será necesario cubrir con pasta.

El módulo de fineza sirve como una medida del valor lubricante de un agregado, dado que cuanto mayor es su valor menor será el valor lubricante y la demanda de agua por área superficial.

Pudiendo obtenerse con diferentes granulometrías el mismo módulo de fineza, éste no deberá emplearse para definir la granulometría de un agregado.

El módulo de fineza es un índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado.

Gran número de granulometrías de agregados fino o grueso, o de una combinación de

ambos, pueden dar un módulo de fineza determinado. Esta es la principal desventaja del empleo de este factor, el cual se utiliza como un índice de control de uniformidad de materiales.

➤ **Cálculo:**

Se calculó como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3"; 1 1/2"; 3/4"; 3/8"; N° 4; N° 8; N° 16; N° 30; N° 50; y N° 100, divididas entre 100.

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I

3.4.8. Masa por unidad de volumen (Densidad de masa)

El siguiente ensayo tiene por finalidad establecer la masa por unidad de volumen o densidad de masa de los agregados en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación. Este método es aplicable a los agregados que no excedan los 125 mm como tamaño máximo.

El método empleado para el desarrollo de este ensayo es el establecido en la NTP 400.017 en correspondencia con la ASTM C 29.

El método y materiales empleados para el cálculo de estos parámetros son los siguientes:

➤ **Aparatos:**

a) Balanzas: Una balanza con exactitud dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0.05 kg. El rango de uso será considerado a ser extendido desde la masa del medidor vacío a la masa del medidor más su contenido hasta 1920 kg/m³.

Una balanza o báscula que tiene una capacidad de 1 kg o más, sensibles a 0.1 g o menos, y una precisión de 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro de la gama de uso de este método de ensayo. Dentro de un rango de 100 g de carga de la prueba, la diferencia entre las lecturas deberá tener una precisión de 0.1g.

b) Varilla de apisonado: Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma

redondeada tipo semi-esférica, con 16 mm de diámetro.

c) **Recipiente:** Un recipiente cilíndrico de metal. Será hermético a prueba de agua, con bordes superior e inferior firmes y parejos con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígidas para mantener su forma en condiciones severas de uso. El recipiente tendrá una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso tendrá una altura de menos del 80% ni más del 150% del diámetro. La capacidad del recipiente estará de conformidad con los límites del siguiente cuadro:

Tabla N° 7: Capacidad de los recipientes para ensayo de densidad de masa

Tamaño nominal máximo del agregado		Capacidad del recipiente	
mm	pulg	m ³ (l)	p ³
12.5	1/2	0.0028 (2.8)	1/10
25.0	1	0.0093 (9.3)	1/3
37.5	1 ½	0.0140 (14)	1/2
75	3	0.0280 (28)	1
100	4	0.0700 (70)	2 ½
125	5	0.1000 (100)	3 ½

Fuente: NTP 400.017-2011

d) **Pala o cucharón:** Una pala o cucharón de un tamaño conveniente para llenar el recipiente con el agregado.

e) **Picnómetro:** Un frasco u otro contenedor apropiado en el cual el contenido del volumen puede ser calibrado hasta $\pm 0.1 \text{ cm}^3$.

f) **Calibración del equipo**

i. **Placa de Vidrio:** Una placa de vidrio, de al menos 6 mm de espesor y al menos 25 mm mayor que el diámetro del recipiente a ser calibrado.

ii. **Grasa:** Tal como la empleada en bombas de agua, chasis o grasa similar.

iii. **Balanza:** La misma descrita en el apartado a) con precisión de 0.05 kg.

➤ **Procedimiento:**

a) Determinación de la densidad del agua:

- i. Se llenó el picnómetro hasta la línea de calibración.
- ii. Se determinó la masa del picnómetro y agua con una exactitud de 0.01 kg
- iii. Se determinó la masa del picnómetro con una exactitud de 0.01 kg

b) Calibración del recipiente:

- i. Se determinó la masa del vidrio y recipiente con exactitud de 0.05 kg.
- ii. Se colocó una capa delgada de grasa sobre el borde del recipiente para prevenir la fuga del agua del recipiente.
- iii. Se llenó el recipiente con agua a la temperatura ambiente y cubrirlo con la placa de vidrio de forma tal de eliminar las burbujas y el exceso de agua. Retirar cualquier molécula de agua que pueda tener sobre-fluidez al interior del recipiente o placa de vidrio.
- iv. Se determinó la masa del vidrio, agua y recipiente con exactitud de 0.05 kg.
- v. Se calculó el volumen del recipiente, alternativamente, calcular el factor F del recipiente.

c) Procedimiento de apisonado:

- i. Se llenó el recipiente a $1/3$ del total y se niveló la superficie con los dedos. Se apisonó la capa del agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie. Se llenó el recipiente a los $2/3$ del total y se repitió el proceso anterior, finalmente se llenó el molde a sobre-volumen y se apisonó nuevamente de la forma indicada líneas arriba. Se niveló la superficie del agregado con los dedos y la varilla de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado aproximadamente quedó equilibrada con los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.
- ii. En el apisonado de la primera capa, se procuró no golpear el fondo del recipiente con fuerza con la varilla. En el apisonado de la segunda y tercera capas, se usó un esfuerzo

vigoroso, pero no mayor del que pueda causar la penetración de la varilla a la capa previa del agregado.

iii. Se determinó la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío y se registraron los valores con exactitud de 0.05 kg.

d) Procedimiento para peso suelto

i. Se llenó el recipiente hasta el reboce con un cucharón, descargando el agregado desde una altura aproximada de 50 mm encima del borde superior del mismo. Se Niveló la superficie del agregado con la varilla de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado aproximadamente equilibren los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.

ii. Se determinó la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío y se registraron los valores con exactitud de 0.05 kg.

➤ Cálculos:

a) **Densidad del agua:** Calcular como sigue:

$$D = \frac{P_1 - P_2}{V}$$

Donde:

D = Densidad del agua para la temperatura trabajada, kg/m³

P₁ = Masa del picnómetro y agua, kg

P₂ = Masa del picnómetro, kg

V = Volumen del picnómetro hasta la línea de calibración, m³

b) **Volumen y Factor del recipiente:** Calcular el volumen del recipiente como sigue:

$$V = \frac{(W - M)}{D}$$

$$F = \frac{D}{(W - M)}$$

Donde:

V = Volumen del recipiente, m³

F = Factor para el recipiente, l/m³

W = Masa del agua, placa de vidrio y recipiente, kg

M = Masa de placa de vidrio y recipiente, kg

D = Densidad del agua para la temperatura trabajada, kg/m³

c) **Densidad de masa:** Calcular la densidad de masa por los procedimientos de apisonado o peso suelto como sigue.

$$PU = \frac{(G - T)}{V}$$

$$PU = (G - T) \times F$$

Donde:

PU = Densidad de masa del agregado, kg/m³

G = Masa del recipiente y agregado, kg

T = Masa del recipiente, kg

V = Volumen del recipiente, m³

F = Factor para el recipiente, l/m³

d) **Contenido de vacíos:** Calcular el contenido de vacíos en el agregado usando la densidad de masa determinada por cualquiera de los procedimientos descritos como sigue:

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{\{(S \times W) - M\}}{(S \times V)} \times 100$$

Donde:

M = Densidad de masa del agregado, kg/m³

S = Gravedad específica de masa de conformidad con el método NTP 400.021 o NTP 400.022 como corresponda

W = Densidad del agua, kg/m³

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I



Imagen N° 4: Ensayo de densidad de masa del agregado grueso



Imagen N° 5: Ensayo de densidad de masa del agregado fino

3.4.9. Densidad relativa y absorción

Este ensayo tiene por finalidad establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado grueso y fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado tanto grueso como fino.

3.4.9.1. Determinación de la gravedad específica (peso específico) y absorción del agregado grueso

El método empleado para el desarrollo de este ensayo es el establecido en la NTP 400.021 en correspondencia con la ASTM C 127.

El método y materiales empleados para el cálculo de estos parámetros son los siguientes:

➤ Aparatos

a) Balanza: Un dispositivo para la determinación de la masa que es sensible, fácil de leer, y una precisión de 0.05 % de la carga de muestra en cualquier punto dentro de la gama de uso de este método de ensayo, o de 0.5 g, lo que sea mayor. La balanza deberá estar equipada con un aparato adecuado para suspender el recipiente de la muestra en el agua desde el centro de la plataforma o el plato de la balanza.

b) Recipiente para muestra: Una canasta de alambre de 3.35 mm (N° 6) o malla fina o un cubo de aproximadamente el mismo ancho y altura, con una capacidad de 7 litros, agregado de tamaño máximo nominal o menor de 37.5 mm (1 ½ in) y un recipiente más grande, según sea necesario, para ensayos de agregado de mayor tamaño máximo. El recipiente deberá estar construido, de modo que, evite la retención de aire cuando se sumerge en agua.

c) Tanque de agua: Un recipiente hermético, en el que se coloca el recipiente de la muestra mientras está suspendido debajo de la balanza.

d) Tamices: Un tamiz de 4.75 mm (N° 4) u otros tamaños según sea necesario, conforme la NTP 350.001.

e) Estufa: Una estufa de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.

➤ Procedimiento: El procedimiento es como sigue:

a) Se secó la muestra de ensayo en una estufa hasta una masa constante a una temperatura de 110 °C, se enfrió a temperatura ambiente durante 3 h. Se sumergió e agregado en agua por un periodo de 24 h.

b) Se retiró la muestra del agua y se le secó la superficie con una franela, teniendo cuidado

en no evaporar el agua, se determinó su masa al aire.

c) Después de la determinación de la masa en aire, se colocó inmediatamente la muestra saturada superficialmente seca en el recipiente de la muestra y se determinó su masa aparente en agua luego de 3 horas de sumersión.

d) Se secó la muestra de ensayo en la estufa hasta una masa constante, a temperatura de 110 °C, se enfrió en aire a temperatura ambiente durante 3 h, hasta que el agregado se volvió manipulable y se determinó su masa.

➤ **Cálculos:**

a) Gravedad Específica

• **Gravedad Específica en Estado Seco al Horno** Calcular la gravedad específica en base al agregado secado al horno de la manera siguiente:

$$\text{Gravedad Específica en Estado Seco al Horno} = \frac{A}{(B - C)}$$

En dónde:

A = masa de la muestra secada al horno en el aire, g

B = masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca al aire, g, y

C = masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua, g

• **Gravedad Específica en Estado Saturado Superficialmente Seco:** Calcular la gravedad específica sobre la base del agregado de superficie seca saturada, de la siguiente manera:

$$\text{Gravedad Específica en Estado Saturado Superficialmente Seco} = \frac{B}{(B - C)}$$

• **Gravedad específica aparente:** Gravedad específica aparente, de la siguiente manera:

$$\text{Gravedad Específica Aparente} = \frac{A}{(A - C)}$$

b) Absorción: Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

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

También se puede determinar la absorción a través del siguiente ensayo:

Procedimiento:

- Se secó la muestra de ensayo en una estufa hasta una masa constante a una temperatura de 110 °C, se enfrió a temperatura ambiente durante 3 h. Se sumergió el agregado en agua por un periodo de 24 h.
- Se retiró la muestra del agua y se le secó la superficie con una franela, teniendo cuidado en no evaporar el agua, se determinó su masa al aire.
- Después de la determinación de la masa en aire, se colocó inmediatamente la muestra saturada superficialmente seca en el recipiente de la muestra y se determinó su masa aparente en agua luego de 3 horas de sumersión.
- Se secó la muestra de ensayo en la estufa hasta una masa constante, a temperatura de 110 °C, se enfrió en aire a temperatura ambiente durante 3 h, hasta que el agregado se volvió manipulable y se determinó su masa
- Se llenó el recipiente a 1/3 del total y se niveló la superficie con los dedos. Se apisonó la capa del agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie. Se llenó el recipiente a los 2/3 del total y se repitió el proceso anterior, finalmente se llenó el molde a sobre-volumen y se apisonó nuevamente de la forma indicada líneas arriba. Se niveló la superficie del agregado con los dedos y la varilla de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado aproximadamente quedó equilibrada con los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.
- En el apisonado de la primera capa, se procuró no golpear el fondo del recipiente con fuerza con la varilla. En el apisonado de la segunda y tercera capas, se usó un esfuerzo vigoroso, pero no mayor del que pueda causar la penetración de la varilla a la capa previa del agregado.

- Luego se llenaron todos los espacios con agua hasta llenar completamente el molde y se procedió a pesar.

Expresión de resultados:

$$\text{Absorción \%} = \left[\frac{(B - A)}{(D - C)} \right] \times 100$$

Donde:

A = Peso del molde con la muestra saturada superficialmente seca compactada

B = Peso del molde con la muestra saturada superficialmente seca compactada más agua

C = Peso del molde

D = Peso del molde más agua

- **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I



Imagen N° 6: Saturación del agregado grueso



Imagen N° 7: Peso del molde

3.4.9.2. Determinación de la gravedad específica (peso específico) y absorción del agregado fino

El método empleado para el desarrollo de este ensayo es el establecido en la NTP 400.022 en correspondencia con la ASTM C 128.

El método y materiales empleados para el cálculo de estos parámetros son los siguientes:

➤ Aparatos

a) Balanza: Una balanza o báscula que tiene una capacidad de 1 kg o más, sensibles a 0.1 g o menos, y una precisión de 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro de la gama de uso de este método de ensayo. Dentro de un rango de 100 g de carga de la prueba, las diferencias entre las lecturas deberán tener una precisión de 0.1g.

b) Picnómetro: (para usarse con el procedimiento gravimétrico): Un frasco u otro contenedor apropiado en el cual la muestra de agregado fino puede ser rápidamente introducida y en el cual el contenido del volumen puede ser calibrado hasta $\pm 0.1 \text{ cm}^3$. El volumen del recipiente lleno hasta la marca será de al menos 50 % mayor que el espacio

necesario para acomodar la muestra de ensayo. Un matraz aforado de 500 cm³ de capacidad o un frasco de vidrio, equipado con una tapa de picnómetro es satisfactorio para una muestra de 500 g de la mayoría de los áridos finos.

c) El molde y barra compactadora para los ensayos superficiales de humedad: El molde metálico deberá tener la forma de un tronco de cono con las dimensiones de la siguiente manera: 40 mm \pm 3 mm de diámetro interior en la parte superior, 90 mm \pm 3 mm de diámetro interior en la parte inferior y 75 mm \pm 3 mm de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. La barra compactadora de metal tendrá una masa de 340 g \pm 15 g y una cara plana circular de apisonamiento de 25 mm \pm 3 mm de diámetro.

d) Estufa: Una estufa de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C \pm 5 °C.

➤ **Procedimiento:** El procedimiento es como sigue:

a) Se colocó la muestra de ensayo en un recipiente adecuado y secó la muestra en una estufa hasta una masa constante a una temperatura de 110 °C, se dejó enfriar el agregado hasta una temperatura de manipulación, se lo cubrió con agua y se lo dejó reposar por 24h.

b) Se decantó el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de finos, se lo llevó a una superficie no absorbente con corriente de aire natura y se dejó evaporar la humedad superficial realizando la prueba de humedad superficial cada 20 mín.

c) Prueba de humedad superficial: Se colocó el molde cónico sobre una superficie no absorbente. Se colocó una porción del agregado fino suelto parcialmente seco en el molde llenándolo hasta el tope y amontonándolo de material adicional por encima de la parte superior del molde sujetándolo con los dedos de la mano que sostiene el molde. Ligeramente se apisonó el agregado fino en el molde con 25 golpes con la barra compactadora. Se comenzó cada golpe aproximadamente a 5 mm por encima de la superficie superior del agregado fino. Permitiendo que la barra compactadora caiga libremente bajo la atracción gravitatoria de cada golpe. Se ajustó la altura inicial de la nueva elevación de la superficie después de cada golpe y distribuyó los golpes sobre la superficie. Se retiró la arena suelta de la base y levantó el molde verticalmente. Se verificó la presencia de humedad de la superficie ya que el agregado fino conservara la forma

moldeada. Luego de tres intentos más se observó una ligera caída del agregado fino moldeado lo que nos indicó que se ha llegado a un estado de superficie seca.

d) Se llenó parcialmente el picnómetro con agua. Se introdujo en el picnómetro la muestra de agregado fino de condición saturada seca superficialmente, preparado como se describe anteriormente, y se llenó de agua adicional hasta aproximadamente el 90 % de la capacidad del recipiente. Se agitó el picnómetro, rodándolo e invirtiéndolo para eliminar las burbujas de aire visibles por un lapso de 20 minutos, se introdujo papel para sacar la espuma formada en la parte superior debido al aire atrapado y se completó con agua hasta la línea de enrase.

e) Se determinó la masa total del picnómetro, el espécimen, y el agua.

f) Se retiró el material del picnómetro y se lo llevó a una estufa por un lapso de 24 h, finalmente se lo dejó enfriar por aproximadamente 1 ½ h y se pesó la muestra.

g) Se determinó la masa del picnómetro lleno hasta la línea de enrase.

➤ **Cálculos:**

a) Densidad Relativa (Gravedad específica)

• **Gravedad Específica en Estado Seco al Horno:** Gravedad específica en base al agregado secado al horno, de la manera siguiente:

$$\text{Gravedad Específica en Estado Seco al Horno} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

En dónde:

A = masa de la muestra secada al horno, g

B = masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración, g, y

C = masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, g

S = masa de la muestra saturada superficialmente seca, g

- **Gravedad Específica en estado Saturado Superficialmente Seco:** Calcular la gravedad específica sobre la base del agregado de superficie seca saturada, de la siguiente manera:

$$\text{Gravedad Específica en estado Sat. Superficialmente Seco} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

- **Gravedad específica aparente:** Calcular la gravedad específica aparente de la siguiente manera:

$$\text{Gravedad Específica Aparente} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

- b) **Absorción:** Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

$$\text{Absorción \%} = \left[\frac{(S - A)}{A} \right] \times 100$$

- **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I



Imagen N° 8: Saturación del agregado fino

3.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS ADHESIVOS EPÓXICOS

3.5.1. CHEMA EPOX ADHESIVO 32

3.5.1.1. DESCRIPCIÓN:

Pegamento epóxico gris compuesto por resinas epóxicas y cargas seleccionadas de dos componentes de alta adherencia y elevadas resistencias mecánicas. Asegura una unión perfecta entre concreto fresco y endurecido, concreto con metal y otros.

Componentes: Parte “A” Resina Epóxica y Parte “B” Catalizador. Este pegamento una vez mezclado puede aplicarse como puente de adherencia o para preparar un mortero epóxico de reparación en elementos estructurales (de concreto o como relleno de cangrejeras).

3.5.1.2. USOS:

- Como puente de adherencia entre concreto fresco y endurecido.
- Unión de pre fabricados de concreto.
- Como anclaje
- Extensión de columnas
- Apoyos de nuevas vigas sobre estructuras antiguas
- Fijación de los refuerzos estructurales
- Para reparaciones, de elementos de concreto (tubos y otros).
- Para pegar concreto nuevo a viejo y/o reemplazando los elementos deteriorados o desgastados, por ejemplo, en la reparación de losas desgastadas.
- Para pegar diversos materiales del mismo tipo o totalmente diferentes como hierro o concreto, fibrocemento, madera y otros.
- Para reparaciones de grietas de volumen en elementos estructurales.
- Para resanar muros de ladrillo portantes que hayan sufrido rajaduras.

3.5.1.3. VENTAJAS:

- Asegura una unión monolítica entre concretos de distintas edades.
- Alta resistencia a la humedad y a los ataques químicos.
- Producto de fácil aplicación.
- Alta adherencia sobre concreto, fierro, acero, piedra, madera, fibrocemento y otros.

3.5.1.4. DATOS TÉCNICOS:

Tabla N° 8: características físico químicas de Chema Epox Adhesivo 32

CARACTERÍSTICAS FISICO QUIMICAS		CHEMA EPOX ADHESIVO 32
Color	Parte "A"	Gris Oscuro
	Parte "B"	Ambar
	Mezcla A + B	Gris Oscuro
Peso específico (kg/gal)	Parte "A"	5.668
	Parte "B"	3.699
	Mezcla A + B	5.234
Viscosidad (KU)	Mezcla A + B	108.5
Pot Life	Mezcla A + B	2h 10'
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	1 día	550
	3 días	715
	7 días	814
Dureza Shore D	1 día	55
	3 días	65
	7 días	70
Secado	Tacto	4h 30'
	Tacto Duro	24h
Rendimiento	Como relleno de Anclaje	3.35 litros/kit de 5 kg
	Como película (1 mm de e.p.h.)	4.45 m ² /kit de 5 kg
Proporción mezcla en volumen	Parte "A"	3
	Parte "B"	1
Proporción mezcla en peso (kg)	Parte "A"	4.11
	Parte "B"	0.89
	Total	5.00

Fuente: Hoja Técnica Chema Epox Adhesivo 32

3.5.1.5. PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO:

IMPORTANTE: Utilice guantes, lentes y mascarilla de protección antes de aplicar el producto

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE:

La superficie debe estar totalmente limpia, seca y libre de humedad, eliminándose el polvo, grasa, pintura y aceite de la superficie, debiendo dejarse sólo lo que esta estructuralmente sano. Una vez limpia se recomienda sopletearla con aire comprimido.

PREPARACIÓN DEL PRODUCTO:

- Prepare la mezcla en recipiente de plástico, pero no hacerlo en el mismo envase metálico. Mezcle lo necesario a usar en el momento.
- Mezcle ambos componentes en volumen: 3 partes de A y 1 parte de B y bata ambas partes hasta obtener una mezcla homogénea de preferencia con un taladro de baja velocidad 350 RPM usando espas o paletas.
- Deje reposar unos minutos para eliminar burbujas y luego aplique con una brocha en el área de contacto.
- El color de las partes batidas debe ser uniforme, nunca agregarle ningún solvente.

IMPORTANTE:

- El tiempo abierto para vaciar el concreto es de 2 horas como máximo.
- Tiempo de trabajabilidad: 2 horas a 25° C
- Temperatura de aplicación: 5° C a 40° C

APLICACIÓN DE LA MEZCLA DEL PRODUCTO:

Aplique el CHEMA EPOX ADHESIVO 32 preparado como puente de adherencia con una brocha cubriendo bien la superficie de contacto antes de las 2 horas. El espesor de la capa debe ser alrededor 1mm, dependiendo de la rugosidad de la superficie.

3.5.1.6. RENDIMIENTO: Consumo aprox. 0.3 a 0.5 Kg/m

3.5.1.7. PRESENTACIÓN: Kit de 1kg

Kit de 5 kg (Parte A: 4.11kg Parte B: 0.89 kg)

3.5.1.8. ALMACENAMIENTO: 2 años mínimo en su envase original cerrado, en ambientes entre 10° C y 25°C.

3.5.1.9. PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES:

- Los componentes del epóxico pueden causar irritación.
- Para mayor información solicite la Hoja de Seguridad del producto.
- En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico).
- Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.
- No comer ni beber mientras manipula el producto.
- Lavarse las manos luego de manipular el producto.
- Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo.
- Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.
- En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua.
- Si es ingerido, no provocar vómitos; procurar ayuda médica inmediata.



Imagen N° 9: Adhesivo Chema Epox Adhesivo 32

3.5.2. SIKADUR® - 32 GEL

3.5.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un adhesivo de dos componentes a base de resinas epóxicas seleccionadas, libre de solventes.

3.5.2.2. USOS

- Como adhesivo estructural de concreto fresco con concreto endurecido.
- Como adhesivo entre elementos de concreto, piedra, mortero, acero, fierro, fibra cemento, madera.
- Adhesivo entre concreto y mortero.
- En anclajes de pernos en concreto o roca, donde se requiere una puesta en servicio rápida (24 horas).

3.5.2.3. CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Fácil de aplicar
- Libre de solventes
- No es afectado por la humedad
- Altamente efectivo, aun en superficies húmedas
- Trabajable a bajas temperaturas
- Alta resistencia a la tracción

3.5.2.4. DATOS BÁSICOS

3.5.2.4.1. FORMA

COLORES : GRIS (MEZCLA A+B)
ASPECTO : Líquido Denso
PRESENTACIÓN : Juego de 1 kg.
Juego de 5 kg.

3.5.2.4.2. ALMACENAMIENTO

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL

Se puede almacenar en su envase original cerrado, sin deterioro en un lugar fresco, seco y bajo techo durante dos años a una temperatura entre 5°C y 30°C. Acondicione el material a 18°C a 30°C antes de usar.

3.5.2.4.3. DATOS TÉCNICOS

DENSIDAD

1.6 kg/lts.

PROPORCIÓN DE LA MEZCLA EN PESO

A: B = 2:1

Pot life a 20°C

25 minutos

Cumple la norma ASTM C-881

Standard Especification for Epoxy-Resin-Base Bonding System for Concrete.

Está certificado como producto no tóxico por el Instituto de Salud Pública de Chile.

Resistencia a compresión (ASTM D 695)

1 día = 75 Mpa

10 días = 90 Mpa

Resistencia a flexión (ASTM C 580)

10 días = 34 Mpa

Adherencia (ASTM C 882)

> 13 Mpa

Fuerza de arrancamiento de anclaje en concreto H25 (fe A63-42H, 012mm,

L=L=12cm

6.000 kgf

USGBC VALORACIÓN LEED

Sikadur®-32 Gel cumple con los requerimientos LEED.

Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants.

Contenido de VOC < 70 g/L (menos agua)

3.5.2.5. INFORMACIÓN DEL SISTEMA

3.5.2.6. DETALLES DE APLICACIÓN

CONSUMO / DOSIS

El consumo aproximado es de 0.3 a 0.5 kg/m², dependiendo de la rugosidad y temperatura de la superficie.

3.5.2.7. MÉTODO DE APLICACIÓN

CONCRETO

Al momento de aplicar Sikadur®-32 Gel el concreto debe encontrarse limpio, libre de polvo, partes sueltas o mal adheridas, sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, entre otros. Debe estar firme y sano con respecto a sus resistencias mecánicas.

La superficie de concreto debe limpiarse en forma cuidadosa hasta llegar al concreto sano, eliminando totalmente la lechada superficial. Esta operación se puede realizar con chorro de agua y arena, escobilla de acero, y otros métodos. La superficie a unir debe quedar rugosa.

Metales

Deben encontrarse limpios, sin óxido, grasa, aceite, pintura, entre otros. Se recomienda un tratamiento con chorro de arena a metal blanco o en su defecto utilizar métodos térmicos o físicos químicos.

PREPARACIÓN DEL PRODUCTO

Mezclar totalmente las partes A y B en un tercer recipiente limpio y seco, revolver en forma manual o mecánica con un taladro de bajas revoluciones (máx. 600 r.p.m.) durante 3–5 minutos aproximadamente, hasta obtener una mezcla homogénea. Evitar el aire atrapado.

En caso que el volumen a utilizar sea inferior al entregado en los envases, se pueden subdividir los componentes respetando en forma rigurosa las proporciones indicadas en Datos Técnicos.

METODO DE APLICACIÓN

La colocación de Sikadur®-32 Gel se realiza con brocha, rodillo o pulverizado sobre una superficie preparada. En superficies húmedas asegurar la aplicación restregando con la brocha.

El concreto fresco debe ser vaciado antes de 3 horas a 20°C o 1 hora a 30°C de aplicado el Sikadur®-32 Gel. En todo caso el producto debe encontrarse fresco al vaciar la mezcla sobre él.

LIMPIEZA

Limpiar las herramientas con diluyente a la piroxilina.



Imagen N° 10: Adhesivo Sikadur 32 Gel

3.6. CEMENTO UTILIZADO

El cemento que se empleó para elaborar las dosificaciones de estudio, fue Cemento portland tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A. destinado para uso general en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales. Que cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150.

Una de sus propiedades principales es que presenta mayor resistencia inicial debida a su óptima formulación. El cemento Tipo I desarrolla mayor resistencia a edades tempranas

y menores tiempos de fraguado.

Sus aplicaciones son de uso tradicional en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales de ningún tipo: Obras de concreto y de concreto armado en general, para estructuras que requieren rápido desencofrado concreto en clima frío, prefabricados, pavimentos y cimentaciones.

3.7. AGUA UTILIZADA

El agua empleada en la preparación y curado de los especímenes cilíndricos de concreto, fue el agua del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, esta agua es extraída de pozos subterráneos, cumple con los límites máximos y mínimos permisibles según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano según el DS N° 031-2010-SA; cumpliendo así los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la Norma NTP 339.088.

3.8. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS Y ELABORACIÓN DE PROBETAS

3.8.1. Requerimientos del concreto considerados para el diseño de mezclas

Las características del concreto han de ser en función del fin para el cual está destinado. Por ello la selección de las proporciones de la unidad cubica de concreto debe permitir obtener un concreto con la facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad u otras propiedades que se consideran necesarias para el caso particular para el cual la mezcla está siendo diseñada. (Rivva, 2014)

Para la elaboración del diseño de mezclas para los especímenes cilíndricos de concreto se consideró tener los siguientes requerimientos en el estado endurecido y no endurecido:

3.8.1.1. Apariencia

Para la elaboración de especímenes de concreto y su respectivo ajuste de proporciones se verificó que el concreto no endurecido, presente una apariencia homogénea, evitando que éste sea sobre gravoso o sobre arenoso.

3.8.1.2. Consistencia

Para el diseño y posterior ajuste de mezclas se consideró que el concreto no endurecido posea una consistencia plástica, es decir que su revenimiento se encuentre entre tres y cuatro pulgadas.

3.8.1.3. Resistencia requerida

Para el diseño de mezclas y ajuste de proporciones de los especímenes cilíndricos de concreto, se consideró una resistencia de 210 Kg/cm^2 , ya que esta resistencia ayudó a verificar las diferencias entre las aplicaciones de adhesivos epóxicos.

3.8.2. Propiedades de los materiales a considerar para el diseño de mezclas

3.8.2.1. Propiedades del cemento:

a) **Marca y tipo:** CEMENTOS PACASMAYO S.A.A. - Cemento portland Tipo I, este es un cemento de uso general que cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150.

b) **Peso específico:** El peso específico consignado en la hoja técnica del cemento Pacasmayo Tipo I es de 3.15 gr/cm^3 , sin embargo, debido a que este peso específico fue calculado a nivel del mar, sin tomar en cuenta las variaciones de presión debido a altura, se considerará un peso específico de 3.10 gr/cm^3 , el cual se ha demostrado en diferentes investigaciones que es apropiado para el diseño de mezclas en nuestra ciudad.

3.8.2.2. Propiedades de los agregados

Las propiedades de los agregados empleadas en el diseño fueron calculadas mediante los procedimientos descritos anteriormente, los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 9: Resumen de las propiedades de los agregados a ser empleados en la mezcla de concretos

Propiedad	Agregado Fino	Agregado grueso
Gravedad Específica en Estado Seco al Horno	2.58 gr/cm ³	2.56 gr/cm ³
Gravedad Específica en Estado Saturado Superficialmente Seco	2.62 gr/cm ³	2.58 gr/cm ³
Gravedad Específica Aparente	2.69 gr/cm ³	2.61 gr/cm ³
Absorción	1.68 %	0.75 %
Masa por unidad de volumen seco suelto	1548 kg/m ³	1381 kg/m ³
Masa por unidad de volumen seco compactado	1763 kg/m ³	1548 kg/m ³
Porcentaje de vacíos en estado seco suelto	37%	46%
Porcentaje de vacíos en estado seco compactado	28%	40%
Tamaño máximo nominal	---	1/2"

3.8.2.3. Procedimiento realizado para la selección de las proporciones del concreto por el método de módulo de fineza de la combinación de los agregados.

Este método de diseño considera las tablas empleadas por el comité 211 del ACI para la selección de los materiales que intervienen en la pasta, sin embargo, para la selección de las proporciones de los agregados se emplea un módulo denominado de combinación de los agregados, que no es más que la representación del índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado si éste fuese global

1. elección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a compresión especificada

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

El criterio de diseño tomado para el f'_{cr} fue el establecido por la norma E-060 del Reglamento Nacional de Edificaciones donde indica que para concretos de $f'c \leq 21 \text{ MPa}$ se le agrega 71.40 kg/cm².

$$f'_{cr} = (210 + 71.40) \text{ kg/cm}^2 = 281.40 \text{ kg/cm}^2$$

2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado.

$$\text{TMN} = 1/2''$$

3. Selección del asentamiento.

Consistencia = Plástica

$$\text{Asentamiento} = 3'' - 4''$$

4. Selección de volumen unitario del agua de diseño

$$\text{Agua} = 216 \text{ lt/m}^3$$

5. Selección del contenido de aire

$$\text{Aire atrapado} = 2.50\%$$

6. Selección de la relación agua/cemento por resistencia

$$\frac{a}{c} = 0.576$$

7. Determinación del Factor cemento.

$$\text{Cemento} = \frac{216 \text{ kg/m}^3}{0.576} = 375.00 \text{ kg/m}^3 \quad \text{N}^\circ \text{ bolsas} = \frac{375.00 \text{ kg/m}^3}{42.50 \text{ kg/bls.}} = 8.82 \text{ Bolsas/m}^3$$

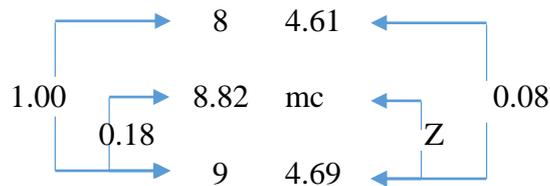
8. Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire (Volumen de la pasta)

$$\text{Volumen de la Pasta} = \frac{216 \text{ lt}}{1000 \text{ kg/m}^3} + \frac{375.00 \text{ kg}}{3128 \text{ kg/m}^3} + \frac{2.50 \text{ m}^3}{100} = 0.361 \text{ m}^3$$

9. Determinación del volumen absoluto de agregados.

$$\text{Volumen del agregado} = 1.000 \text{ m}^3 - 0.361 \text{ m}^3 = 0.639 \text{ m}^3$$

10. Determinación del módulo de fineza de la combinación de los agregados (Tabla N° 47)



$$Z = \frac{0.18 \times 0.08}{1.00} = 0.014$$

$$mc = 4.69 + 0.014 = 4.676$$

% Vacíos del agregado grueso = 40%, mayor a 35% según tabla

Corrección por vacíos = -0.10

$$mc = 4.676 - 0.10 = 4.576$$

11. Determinación del porcentaje de agregados que intervienen en la mezcla.

$$\%AF = \frac{6.75 - 4.576}{6.75 - 3.71} \times 100\% = 71.51\%$$

$$\%AG = 100.00\% - 71.51\% = 29.49\%$$

12. Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso.

Cemento = 0.120 m³ = 375.00 kg/m³

Agua de diseño = 0.216 m³ = 216.00 lt/m³

Agregado fino = 0.457 m³ = 1196.90 kg/m³

Agregado grueso = 0.182 m³ = 469.50 kg/m³

3.8.3. Elaboración de la mezcla de prueba:

Para la mezcla de prueba solamente se consideró la realización de testigos para ser probados a compresión, ya que este parámetro es el definido por la resistencia especificada.

Los pesos de los materiales de diseño por metro cúbico de concreto considerados para la mezcla de prueba fueron los siguientes:

Cemento	=	400.00 kg/m ³
Agua de diseño	=	216.00 lt/m ³
Agregado fino	=	1196.90 kg/m ³
Agregado grueso	=	469.50 kg/m ³

Luego de la corrección por humedad de los áridos, los pesos de los materiales por metro cúbico de concreto considerados para la mezcla de prueba fueron los siguientes:

Cemento	=	375.00 kg/m ³	=	375.00 kg/m ³
Agua efectiva	=	$216.00 - ((-1.06\%) \times 1196.90 + (-0.45\%) \times 469.50)$ lt/m ³	=	230.80 lt/m ³
Agregado fino húm.	=	$1196.90 \times (1.062)$ kg/m ³	=	1204.30 kg/m ³
Agregado grueso húm.	=	$469.50 \times (1.030)$ kg/m ³	=	470.90 kg/m ³

Con los nuevos pesos de los materiales corregidos por humedad, se procedió a determinar la cantidad de material a ser empleado para realizar la mezcla de prueba, por lo que se consideró tomar como volumen de mezcla la cantidad de 03 especímenes cilíndricos de concreto. Considerando que el volumen de un espécimen, de acuerdo al molde usado para su elaboración, es aproximadamente 0.00556 m³ para la elaboración de 03 especímenes se necesitó un volumen de 0.01668 m³, considerando los desperdicios que pueda acarrear el mezclado y llenado de moldes, se consideró un valor aproximado de 0.02 m³, siendo los pesos de los materiales los siguientes. (El diseño se muestra en el Anexo IV)

Cemento	=	7.50 kg/tanda
Agua de diseño	=	4.62 lt/tanda
Agregado fino	=	24.09 kg/tanda
Agregado grueso	=	9.42 kg/tanda

3.8.4. Procedimiento realizado para el ajuste de las proporciones

Verificadas y obtenidas las condiciones anteriores, deberá realizarse en las siguientes tandas, los ajustes apropiados en las proporciones de acuerdo al método ACI como ya veremos en el siguiente procedimiento:

1. Determinación de las características de la mezcla de prueba.

Apariencia	=	Sobregavosa
Asentamiento	=	3.00 cm
Agua adicional	=	0.00 cm ³
Contenido de aire	=	1.76 %
Densidad de masa concreto en estado fresco	=	2275.00 kg/m ³

2. Tanda de mezclado

Cemento	=	7.50 kg/tanda
Agua añadida	=	4.62 lt/tanda
Agregado fino húmedo	=	24.09 kg/tanda
Agregado grueso húmedo	=	9.42 kg/tanda
Peso de la Tanda	=	45.62 kg/tanda

3. Rendimiento de la Tanda

$$Y = \frac{45.62 \text{ kg/tanda}}{2257.00 \text{ kg/m}^3} = 0.020053 \text{ m}^3/\text{tanda}$$

4. Agua de mezclado por tanda.

Aporte del agregado fino	=	-0.25 lt/tanda
Aporte del agregado grueso	=	-0.04 lt/tanda
Agua añadida	=	4.62 lt/tanda
Agua de mezclado por tanda	=	4.33 lt/tanda

5. Agua de mezclado por m³ corregida por agua adicional.

$$\text{Agua} = \frac{4.33 \text{ lt/tanda}}{0.020053 \text{ m}^3/\text{tanda}} = 215.73 \text{ lt/m}^3$$

6. Agua de mezclado por m³ corregido por asentamiento: Se deberá disminuir en 2 litros por cada 10 mm de aumento del asentamiento.

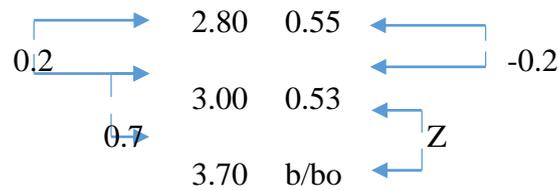
$$\text{Agua} = 215.73 + 2 \times (9 - 3) \text{ lt/m}^3 = 227.73 \text{ lt/m}^3$$

7. Agua de mezclado por m³ corregido por contenido de aire: Se deberá disminuir en 3 litros por cada 1% de decremento del contenido de aire.

$$\text{Agua} = 227.73 \text{ lt/m}^3 - 3 \times (2.50 - 1.76) \frac{\text{lt}^3}{\text{m}} = 225.51 \text{ lt/m}^3$$

8. Nuevos materiales de diseño corregidos por apariencia, agua adicional, asentamiento y contenido de aire: Se determinará a través del método ACI.

b/bo de tabla:



$$Z = -0.7$$

$$b/bo = 0.46$$

Si tenemos que $b = 1548.00 \text{ kg/m}^3$, entonces $b = 712.08 \text{ kg}$

Los nuevos valores son:

- Cemento = 391.56 kg/m^3
- Agua de diseño = 225.50 lt/m^3
- Agregado fino = 911.76 kg/m^3
- Agregado grueso = 712.08 kg/m^3

9. Nuevos materiales de diseño corregidos: Se determinará a partir de la nueva relación a/c y el mfca.

- Cemento = 391.56 kg/m^3
- Agua de diseño = 225.50 lt/m^3
- Agregado fino = 911.76 kg/m^3
- Agregado grueso = 712.08 kg/m^3

Luego de la corrección por humedad de los áridos, los pesos de los materiales por metro cúbico de concreto considerados para la mezcla fueron los siguientes:

Cemento	=	391.56 kg/m ³
Agua de diseño	=	237.10 lt/m ³
Agregado fino	=	917.20 kg/m ³
Agregado grueso	=	715.60 kg/m ³

3.8.5. Elaboración de los especímenes de concreto para los ensayos mecánicos

La elaboración de los especímenes de concreto cilíndricos para pruebas de compresión y tracción (150 mm por 300 mm), con cada una de las dosificaciones descritas en el ítem 3.6.7, se realizaron siguiendo los procedimientos indicados en la Norma NTP 339.183.

➤ Aparatos:

a) Moldes: Deben ser de un material no absorbente y que no reaccione con el cemento, se utilizó moldes fabricados de tubos de PVC de 3 pulg. de diámetro, se fijó y aseguro estos con cinta adhesiva, para evitar que se deformen, así mismo se selló la junta con cinta adhesiva y se cubrió las bases de los moldes con bolsas de plástico para evitar la pérdida de la mezcla o humedad; Los moldes también fueron cubiertos interiormente con una mínima cantidad de aceite, para facilitar el desmolde de los especímenes.

b) Varilla de apisonado: Una varilla lisa de acero, teniendo un extremo de forma redondeada tipo semi-esférica. Según la norma ASTM C-882 la varilla de apisonamiento debe ser una varilla redonda de latón o plástico de [10 mm] de diámetro y aproximadamente [12 mm] de longitud, con los dos extremos redondeados a las puntas hemisféricas.

c) Herramientas manuales: Palas, baldes, espátulas y alisadores de metal para la superficie del concreto, cucharones y reglas.

d) Balanza: Una balanza con exactitud dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0.05 kg.

e) Mezcladora: Fue una mezcladora tipo trompo eléctrico de 6 pies cúbicos de capacidad.

➤ **Procedimiento:**

a) Pasos para la realización de las mezclas

1. Se realizó una mezcla de volumen igual a 0.021 m^3 con lo que se elaboraran 30 especímenes estándar para las pruebas a compresión y tracción.
2. Se realizaron cuatro mezclas de volumen igual a 0.011 m^3 con lo que se elaboraran 30 especímenes con puente de adherencia y un ángulo de 30° con la vertical para las pruebas a compresión y tracción; luego se elaboraron cuatro mezclas más de volumen igual a 0.011 m^3 para completar las probetas.
3. Se limpió y seco el interior de la mezcladora para que así no aporte agua adicional a la mezcla o algún otro material que no se haya previsto para la elaboración de esta; así mismo se procedió a pesar las dosificaciones de cemento, agregado fino, agregado grueso y medir el volumen del agua.
4. No existe norma alguna que indique el procedimiento para cargar la mezcladora con los materiales, sin embargo numerosos antecedentes aconsejan que se debe agregar una porción del agua a la mezcladora, luego se añade el agregado fino y posteriormente el grueso, finalmente se agrega el cemento y el resto del agua, se comenzó a mezclar los materiales, hasta obtener una mezcla de color uniforme de los agregados y el cemento, se continuó mezclando hasta que se presente homogeneidad, consistencia y color uniforme en la mezcla, presentándose el agregado grueso totalmente cubierto por la pasta. Así mismo, se controló que el tiempo de mezclado después de haber sido adicionado el volumen final de agua.

b) Pasos realizados para la elaboración de los especímenes de concreto:

1. Se colocó los moldes en una superficie horizontal, rígida, nivelada y libre de vibraciones.
2. El llenado del molde se realizó en tres capas de igual volumen, en la última capa se agregó una cantidad de mezcla suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación.
3. La compactación se realizó en cada capa con 25 penetraciones de la varilla,

distribuyendo las penetraciones de forma uniforme. La compactación de la primera capa fue en todo su espesor, y la segunda y tercera capa penetrando 25 mm en la capa anterior.

4. Después de compactar cada capa, se golpeó los lados del molde ligeramente por 12 veces con la varilla para liberar las burbujas que pueden quedar atrapadas.

5. Se enrasó el exceso de mezcla con la varilla de compactación y se dio un acabado con una espátula, procurando dar el menor número de pasadas para producir una superficie lisa y plana.

6. Se identificó los especímenes con el número de espécimen, fecha y tipo de dosificación.

7. Se colocó bolsas plásticas sobre los moldes para evitar la pérdida de humedad y tratar de mantener la temperatura.

8. Transcurridas 24 horas después de elaborar los especímenes, estos fueron sacados de los moldes y se procedió a realizar el curado estándar.

3.8.6. Curado de los especímenes de concreto.

El curado de los 120 especímenes se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la NTP 339.183 (año 2013) en correspondencia a la ASTM C 192

➤ Procedimiento

a) Protección después del acabado: Inmediatamente después de elaborar el moldeado de los especímenes, se cubrieron estos con bolsas de plástico para evitar la evaporación y pérdida de humedad.

b) Curado inicial: Después del moldeado, se cubrió a los especímenes con plástico para mantener la temperatura alrededor de estos. Transcurridas 24 horas después de elaborar los especímenes, estos fueron desmoldados y se procedió a realizar el curado estándar.

c) Curado estándar: Al terminar el curado inicial y entre los 30 minutos y 1 hora después de haber sacado los especímenes de los moldes, estos se almacenaron en una posa de curado de concreto cubierto con agua, además se saturó el agua con cal viva para mantener la temperatura de está y evitar la pérdida de cal de los especímenes, se cubrió

la poza con una manta plástica.

3.9. VARIABLES DE EVALUACIÓN DEL ESTUDIO

Las variables que se evaluaron en esta tesis son las siguientes:

1. Asentamiento del concreto en estado fresco.
2. Densidad de masa del concreto en estado fresco.
3. Densidad de masa del concreto en estado endurecido.
4. Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días.
5. Resistencia a tracción en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días.

3.9.1. Asentamiento en el concreto en estado fresco

Este ensayo se realizó bajo lo establecido en la NTP 339.035 (año 2015) en correspondencia a la ASTM C 143.

➤ Aparatos:

a) Molde y placa: Se utilizó un molde y placa metálicos, que no presenta reacción con la pasta de cemento, con un espesor mayor a 1.5 mm, con la forma de la superficie lateral de un cono truncado con una base de 200 mm de diámetro y la parte superior de 100 mm de diámetro con una altura de 300 mm.

b) Varilla de apisonado: Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma redondeada tipo semi-esférica, con 16 mm de diámetro.

c) Instrumento de medida: Se utilizó reglas de metal y wincha.

d) Herramientas manuales: Palas, baldes, espátulas y alisadores de metal para la superficie del concreto y cucharones.

➤ **Procedimiento:**

- a) Se humedeció el molde y la plancha de acero con aceite vegetal y se colocó el molde sobre la plancha de acero en una superficie rígida y nivelada.
- b) Se apoyó el molde firmemente sobre la plancha y presionando con los dos pies los estribos. Procurando no mover los pies durante el llenado con concreto.
- c) El llenado del molde se realizó en tres capas de igual volumen, la primera capa a una profundidad de 70 mm, la segunda hasta de 160 mm y la tercera hasta el borde superior del molde en esta última capa se agregó una cantidad de mezcla suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación.
- d) La compactación se realizó en cada capa con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones de forma uniforme. La compactación de la primera capa fue en todo su espesor, y la segunda y tercera capa penetrando 25 mm en la capa anterior. Al compactar la última capa se mantuvo un excedente de concreto todo el tiempo.
- e) Se enrasó el concreto rodando la varilla de compactación sobre el borde del molde.
- f) Se continuó manteniendo el molde firme y se removió el concreto alrededor del área circundante de la base del molde para prevenir la interferencia en el momento del asentamiento del concreto.
- g) Se levantó el molde por encima de los 300 mm de un solo movimiento, en un solo tiempo lento.
- h) Luego se midió el asentamiento con una precisión de 5 mm desde la parte superior del molde hasta el centro desplazado de la superficie original del espécimen.

➤ **Expresión de resultados:** Los resultados se encuentran en el Capítulo IV.

3.9.2. Densidad de masa del concreto en estado fresco

Este ensayo se realizó mediante lo establecido por la NTP 339.046 en concordancia a la ASTM C 138.

➤ **Aparatos**

a) **Balanzas:** Una balanza con exactitud dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0.05 kg. El rango de uso será considerado a ser extendido desde la masa del medidor vacío a la masa del medidor más su contenido hasta 1920 kg/m³.

b) **Varilla de apisonado:** Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma redondeada tipo semi-esférica, con 16 mm de diámetro.

c) **Recipiente:** Un recipiente cilíndrico de metal. Será hermético a prueba de agua, con bordes superior e inferior firmes y parejos con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígidas para mantener su forma en condiciones severas de uso. El recipiente tendrá una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso tendrá una altura de menos del 80% ni más del 150% del diámetro.

d) **Mazo:** Con cabeza de hule de peso aproximado a 0.8 Kg.

e) **Herramientas manuales:** Palas, baldes, espátulas y alisadores de metal para la superficie del concreto y cucharones.

➤ **Procedimiento**

a) Se colocó los moldes en una superficie horizontal, rígida, nivelada y libre de vibraciones.

b) Se colocó el hormigón en el recipiente de medición usando una cuchara metálica. Se movió la cuchara alrededor del perímetro interno del recipiente de medición para asegurar una distribución homogénea del hormigón con segregación mínima.

c) El llenado del molde se realizó en tres capas de igual volumen, en la última capa se agregó una cantidad de mezcla suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación.

d) La compactación se realizó en cada capa con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones de forma uniforme. La compactación de la primera capa fue en todo su espesor, y la segunda y tercera capa penetrando 25 mm en la capa anterior.

- e) Después de compactar cada capa, se golpeó los lados del molde ligeramente por 12 veces con el mazo de goma para liberar las burbujas que pueden quedar atrapadas.
- f) Se enrasó el exceso de mezcla con la varilla de compactación y se dio un acabado con una espátula, procurando dar el menor número de pasadas para producir una superficie lisa y plana.
- g) Se limpió el exceso de concreto que quedó en la pestaña del molde.
- h) Se determinó la masa del molde más la muestra.
- i) El volumen y masa del molde se establecieron con anterioridad.

➤ **Cálculos**

a) **Densidad de masa:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$D = \frac{(M_c - M_m)}{V_m}$$

Dónde:

D = Densidad de masa del hormigón, kg/m³

M_c = Masa del recipiente de medida lleno de hormigón, kg

M_m = Masa del recipiente vacío, kg

V_m = Volumen del recipiente, m³

b) **Contenido de aire:** Se calculó este parámetro a través del ensayo en la olla de Washington:

Procedimiento:

- Se colocó la mezcla de concreto en la olla en 3 capas compactando cada una de las capas con 25 golpes, tomando en cuenta las recomendaciones para compactar ya antes mencionadas.
- Se tapó la olla, y se procedió a ingresar al agua a presión hasta llenar la olla.
- Se midió el contenido de aire de la mezcla.
- **Expresión de resultados:** Los resultados se encuentran en el Capítulo IV.



Imagen N° 11: Ensayo en la olla de Washington



Imagen N° 12: Contenido de aire en la mezcla de concreto

3.9.3. Densidad de masa del concreto en estado endurecido

➤ **Aparatos:**

a) **Balanza:** Una balanza con exactitud dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0.05 kg. El rango de uso será considerado a ser extendido desde la masa del medidor vacío a la masa del medidor más su contenido hasta 1920 kg/m³.

b) **Vernier:** Aparato de medición con lecturas que deberán tener una precisión de 0.01 mm.

c) **Regla:** Instrumento de metal con precisión de 0.5 mm.

➤ **Procedimiento:**

a) **Dimensiones y peso de los especímenes:** Se tomaron dimensiones promedio de los especímenes de estudio con una precisión de 0.01 mm para las dimensiones menores a 150 mm con la ayuda de Vernier, y de 0.5 mm con la ayuda de una regla metálica. También se pesó los especímenes antes de ser ensayados con una precisión de 5 gr.

➤ **Cálculos:**

Se calculó la densidad de masa dividiendo la masa de los especímenes entre el volumen determinado de con el promedio de sus mediciones para cada dosificación y edad de ensayo.

➤ **Expresión de resultados:** Los resultados se encuentran en el Capítulo IV.

3.9.4. Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto.

Este ensayo se desarrolló acorde a la NTP 339.034 acorde a la ASTM C 39.

➤ **Aparatos:**

a) **Máquina universal a compresión:** Se usó una máquina de compresión hidráulica con alimentación de energía eléctrica, teniendo la suficiente capacidad para abastecer el índice de cargas solicitadas. Así mismo se pudo operar con energía constante, siendo capaz de aplicar cargas continuas durante todos los procesos de ensayos.

b) Platos retenedores con discos de neopreno: Se utilizó platos retenedores que son fabricados en acero colado cuya superficie es plana en 0.002 pulgadas, que contienen discos de neopreno para colocarlos en las caras de los especímenes para que estas se presenten niveladas y paralelas.

c) Vernier: Aparato de medición con lecturas que deberán tener una precisión de 0.01 mm.

d) Regla: De metal con aproximación de 0.5 mm.

e) Deformímetro: Aparato de medición de desplazamientos con precisión de 0.005 mm.

➤ **Procedimiento**

a) Los ensayos a compresión de probetas fueron realizados minutos después de ser retirados de la poza de curado.

b) Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo fueron fracturados dentro el tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

Tabla N° 10: Tiempo de prueba de los especímenes y tolerancia

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0.5 h ó 2.1 %
03 d	± 2 h ó 2.8 %
07 d	± 6 h ó 3.6 %
28 d	± 20 h ó 3.0 %
90 d	± 48 h ó 2.2 %

Fuente: NTP 339.034 - 2008

c) Dimensiones los especímenes: Se midió cuatro diámetros con el calibrador vernier en las dos por cada cara del espécimen, las mediciones fueron tomadas en forma perpendicular una de la otra, también se midió la altura del espécimen en dos de sus lados con ayuda de una regla metálica.

d) Colocación de los especímenes en la máquina compresora: Se limpió la superficie de los soportes inferiores y superiores de la compresora, se colocó el espécimen con los platos contenedores con neopreno en ambas caras de éste, alineando los ejes del espécimen con el centro del bloque de empuje inferior y el bloque movable superior, se descendió el bloque movable superior lentamente hasta poner en contacto con el plato contenedor superior. Luego, se verificó que el indicador de carga se encuentre en cero,

para poder empezar a aplicar la compresión. También se utilizó un deformímetro colocado en la base móvil de la máquina

e) Aplicación de cargas: La carga se aplicó continuamente con una aproximación de 2.5 kg/cm² por segundo lo que aproximadamente para estos especímenes de diámetro de 150 mm la aplicación de carga será de 0.5 Toneladas por segundo. Durante el ensayo se ajustó la válvula de inyección de aceite suavemente con el objeto de mantener constante la velocidad de aplicación de la carga. Se aplicó la carga hasta que el espécimen falló y se registró la máxima carga soportada por el espécimen.

f) Análisis de tipo de fractura y apariencia del concreto: Después de aplicar la carga y terminar el ensayo se procedió a registrar el tipo de falla de cada espécimen en fotografías, para luego poder clasificarla según el siguiente gráfico, en donde se indica los tipos de falla según la NTP 339.034, así mismo se registró el modo de falla, y si falló el agregado o la pasta durante el proceso.

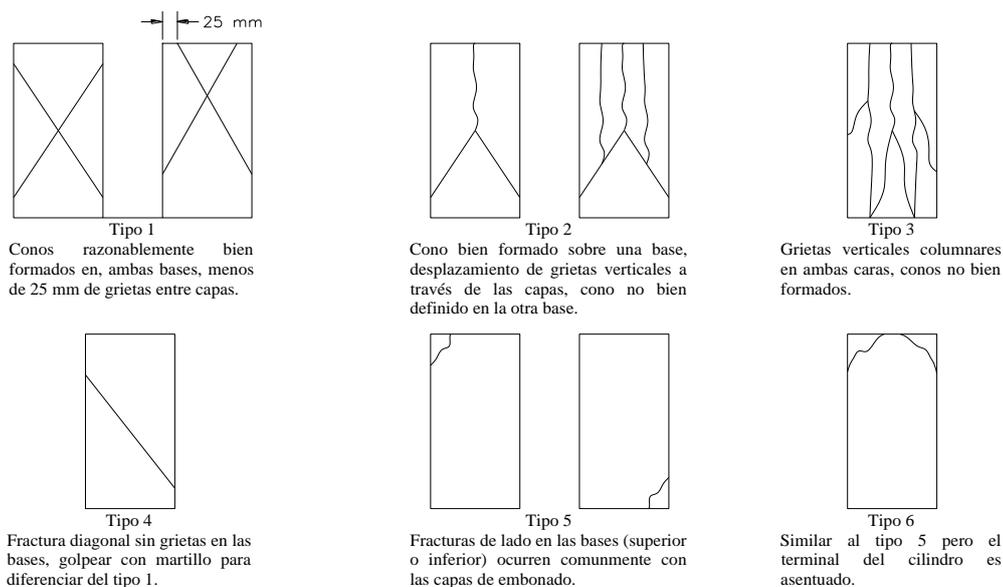


Imagen N° 13: Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura

Fuente: NTP 339.034 – 2008

3.9.5. Resistencia a la tracción en especímenes cilíndricos de concreto.

Este ensayo se desarrolló acorde a la NTP 339.084 acorde a la ASTM C 496.

➤ Aparatos:

a) Máquina universal a compresión: Se usó una máquina de compresión hidráulica con alimentación de energía eléctrica, teniendo la suficiente capacidad para abastecer el índice

de cargas solicitadas. Así mismo se pudo operar con energía constante, siendo capaz de aplicar cargas continuas durante todos los procesos de ensayos.

b) Vernier: Aparato de medición con lecturas que deberán tener una precisión de 0.01 mm.

c) Regla: De metal con aproximación de 0.5 mm.

d) Deformímetro: Aparato de medición de desplazamientos con precisión de 0.005 mm.

➤ **Procedimiento**

a) Los ensayos a tracción de probetas fueron realizados minutos después de ser retirados de la poza de curado.

b) Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo fueron fracturados dentro el tiempo permisible de tolerancias prescritas en la NTP 339.034.

c) Dimensiones los especímenes: Se midió cuatro diámetros con el calibrador vernier en las dos por cada cara del espécimen, las mediciones fueron tomadas en forma perpendicular una de la otra, también se midió la altura del espécimen en dos de sus lados con ayuda de una regla metálica.

d) Colocación de los especímenes en la máquina compresora: Se limpió la superficie de los soportes inferiores y superiores de la compresora, se colocó el espécimen con de forma horizontal entre los émbolos de carga, alineando el espécimen con el centro del bloque de empuje inferior y el bloque movable superior, se descendió el bloque movable superior lentamente hasta poner en contacto con el espécimen. Luego, se verificó que el indicador de carga se encuentre en cero, para poder empezar a aplicar la compresión. También se utilizó un deformímetro colocado en la base móvil de la máquina

e) Aplicación de cargas: Durante el ensayo se ajustó la válvula de inyección de aceite suavemente con el objeto de mantener constante la velocidad de aplicación de la carga. Se aplicó la carga hasta que el espécimen falló y se registró la máxima carga soportada por el espécimen.

f) Análisis de tipo de fractura y apariencia del concreto: Después de aplicar la carga y terminar el ensayo se procedió a registrar el tipo de falla de cada espécimen en

fotografías, para luego poder clasificarla según el siguiente gráfico, en donde se indica los tipos de falla según la NTP 339.034, así mismo se registró el modo de falla, y si falló el agregado o la pasta durante el proceso.

3.10. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.10.1. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

Para recopilar la información se usaron los Métodos Cuantitativo y Cualitativo.

El Método Cuantitativo se usó para medir las variables cuantitativas de estudio de las dosificaciones de concreto elaborados; para lo cual se emplearon equipos e instrumentos del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca tales como: Máquina de ensayo a compresión y tracción universal, moldes adecuados para la elaboración y control de calidad del concreto, balanzas, calibradores, Tamices compatibles con las NTP y ASTM correspondientes.

El Método Cualitativo se usó para describir algunas propiedades o variables cualitativas de las dosificaciones de concreto elaborados, tales como: trabajabilidad del concreto, apariencia del concreto, tipo de fractura, modo de falla; para lo cual se empleó la observación directa en el laboratorio.

3.10.2. Técnicas de procesamiento y análisis de información.

La información cuantitativa que se obtuvo de las variables de estudio de las diferentes dosificaciones de concreto fue procesada mediante métodos estadísticos como la determinación de promedios, el análisis de varianza. Para lo cual se emplearon programas computarizados como el Microsoft Excel 2013 con los que se obtuvo resultados de estos métodos y gráficas representativas.

3.10.3. Análisis de los resultados

Los resultados de los ensayos realizados están sujetos a variaciones, que indicarían la uniformidad de estos resultados y el cuidado en la realización de los ensayos. Asimismo, con estas variaciones se puede diferenciar el comportamiento de las dosificaciones de estudio mediante el análisis estadístico. Por ello se realizaron los análisis estadísticos de

los resultados de las siguientes variables de evaluación: (a) Asentamiento en el concreto en estado no endurecido, (b) Densidad de masa del concreto fresco, (c) Densidad de masa de los especímenes cilíndricos de concreto endurecido, (d) Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días, (e) Resistencia a tracción en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días.

CAPÍTULO

IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LAS MEZCLAS

Se determinó el asentamiento de dos tandas de concreto con las que se hicieron las probetas, los resultados se muestran a continuación:

Tabla N° 11: Asentamiento del concreto según grupo de probetas

Tanda	Probetas Estándar	Probetas sin adhesivo	Probetas con Chema Epox 32	Probetas con Sikadur 32 Gel
Asentamiento	9.50 cm	10.00 cm	10.00 cm	9.00 cm

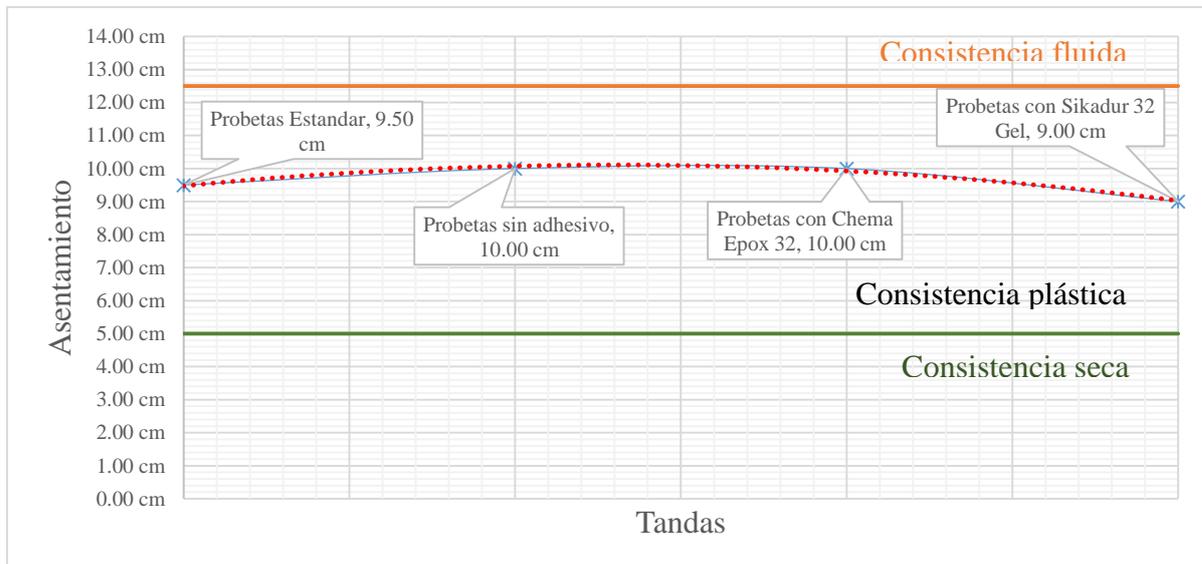


Gráfico N° 1: Tiempo de prueba de los especímenes

Como se observa en la Tabla N° 11 y en el Gráfico N° 1, las 4 tandas de concreto fresco presentan asentamientos similares, esto debido a que el diseño de mezcla es el mismo. Así tenemos que el concreto de la tanda para probetas estándar presentó un asentamiento de 9.5 cm con una consistencia plástica, el concreto de la tanda para probetas sin adhesivo presentó un asentamiento de 10.0 cm con una consistencia plástica, el concreto de la tanda

para probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido con adhesivo Chema Epox Adhesivo 32 presentó un asentamiento de 10.0 cm con una consistencia plástica, finalmente el concreto de la tanda para probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido con adhesivo Sikadur 32 Gel presentó un asentamiento de 9.0 cm también con una consistencia plástica.

Con los datos anteriores se puede verificar que ninguna de las tandas de concreto se ubicó fuera del rango plástico por lo que se consideran aceptables desde el punto de vista de asentamiento.

También se verificó que la trabajabilidad del concreto fue la necesaria para poder elaborar las probetas de concreto necesarias para las pruebas a compresión y tracción con y sin adhesivo.

4.2. ANÁLISIS DE LA DENSIDAD DE MASA DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Se realizaron los ensayos para determinar la densidad de masa del concreto en estado fresco de 4 tandas de concreto una para cada grupo de probetas a ensayar tanto en compresión como en tracción, los resultados se muestran a continuación:

Tabla N° 12: Densidad de masa del concreto en estado fresco para los grupos de probetas

Tanda	Probetas Estándar	Probetas sin adhesivo	Probetas con Chema Epox 32	Probetas con Sikadur 32 Gel
Volumen del molde	9778.75 cm ³	9778.75 cm ³	9778.75 cm ³	9778.75 cm ³
Peso del molde	4220.00 gr	4220.00 gr	4220.00 gr	4220.00 gr
Peso del molde + mezcla	26990.00 gr	26850.00 gr	26900.00 gr	26870.00 gr
PUC°F	2328.52 kg/m³	2314.20 kg/m³	2319.31 kg/m³	2316.25 kg/m³

En la tabla N° 12 se muestran los resultados de las densidades de masa en estado fresco, así tenemos que en el concreto de la tanda para probetas estándar se obtuvo una densidad de masa de 2328.52 kg/m³, en el concreto de la tanda para probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido sin adhesivo se obtuvo una densidad de masa de 2314.20 kg/m³, en el concreto de la tanda para probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido con adhesivo Chema Epox Adhesivo 32 se obtuvo una densidad de masa de 2319.31 kg/m³, en el concreto de la tanda para probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido con adhesivo Sikadur 32 Gel se obtuvo una densidad de masa de 2316.25 kg/m³, estos valores se semejan al recomendado en la bibliografía que es de aproximadamente 2300 kg/m³.

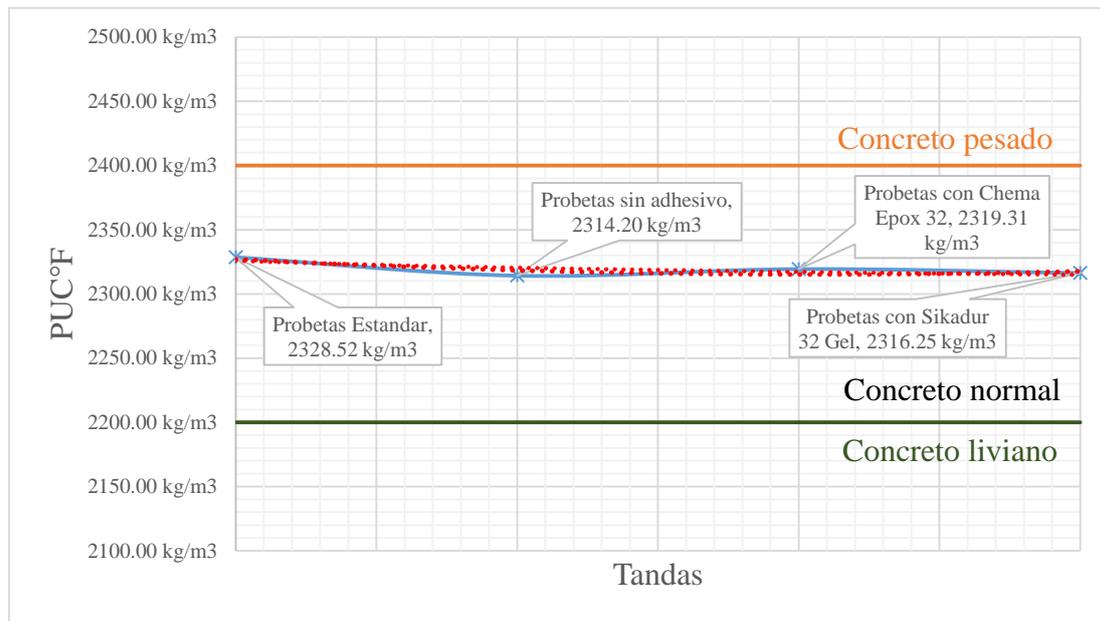


Gráfico N° 2: Densidad de masa del concreto en estado fresco

En el gráfico N° 2 se muestra que todos los resultados de densidad de masa del concreto en estado fresco se encuentran dentro del rango teóricamente establecido para concretos normales ($2200\text{kg/m}^3 - 2400\text{kg/m}^3$).

4.3. CONTENIDO DE AIRE EN LA MEZCLA

Se realizaron los ensayos para determinar el contenido de aire en la mezcla, dando como resultado un 2.30% de aire en la mezcla, este dato es cercano al diseño que nos muestra un contenido de aire del 2.50%; por ser el margen de diferencia mínimo, se considera aceptable la mezcla.

4.4. ANÁLISIS DE LA DENSIDAD DE MASA DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Se determinó la densidad de masa en estado endurecido de todos los especímenes para cada grupo, los resultados se presentan a continuación:

Tabla N° 13: Densidad de masa del concreto en estado endurecido

DENSIDAD DE MASA DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
PROBETA	PROBETAS ESTÁNDAR (P)	PROBETAS SIN ADHESIVO (PN)	PROBETAS CON CHEMA EPOX ADHESIVO 32 (PC)	PROBETAS CON SIKADUR 32 GEL (PS)
COMPRESIÓN				
1	2377.53 kg/m ³	2338.15 kg/m ³	2290.55 kg/m ³	2277.81 kg/m ³
2	2230.90 kg/m ³	2264.90 kg/m ³	2244.84 kg/m ³	2266.63 kg/m ³
3	2323.24 kg/m ³	2309.12 kg/m ³	2283.72 kg/m ³	2252.60 kg/m ³
4	2363.79 kg/m ³	2265.76 kg/m ³	2257.17 kg/m ³	2292.60 kg/m ³
5	2274.92 kg/m ³	2299.53 kg/m ³	2244.12 kg/m ³	2317.84 kg/m ³
6	2338.32 kg/m ³	2259.61 kg/m ³	2288.57 kg/m ³	2222.76 kg/m ³
7	2297.08 kg/m ³	2280.67 kg/m ³	2324.11 kg/m ³	2254.19 kg/m ³
8	2350.54 kg/m ³	2251.05 kg/m ³	2318.69 kg/m ³	2291.58 kg/m ³
9	2309.90 kg/m ³	2301.44 kg/m ³	2309.90 kg/m ³	2251.05 kg/m ³
10	2363.79 kg/m ³	2325.89 kg/m ³	2276.89 kg/m ³	2271.83 kg/m ³
11	2365.32 kg/m ³	2301.72 kg/m ³	2272.73 kg/m ³	2300.62 kg/m ³
12	2357.21 kg/m ³	2176.04 kg/m ³	2376.29 kg/m ³	2302.05 kg/m ³
13	2316.18 kg/m ³	2230.90 kg/m ³	2390.69 kg/m ³	2228.18 kg/m ³
14	2324.11 kg/m ³	2376.29 kg/m ³	2425.63 kg/m ³	2299.53 kg/m ³
15	2310.69 kg/m ³	2325.91 kg/m ³	2333.09 kg/m ³	2361.89 kg/m ³
TRACCIÓN				
1	2311.49 kg/m ³	2288.57 kg/m ³	2338.32 kg/m ³	2272.73 kg/m ³
2	2282.07 kg/m ³	2331.22 kg/m ³	2284.70 kg/m ³	2264.90 kg/m ³
3	2296.38 kg/m ³	2258.79 kg/m ³	2294.70 kg/m ³	2251.82 kg/m ³
4	2338.32 kg/m ³	2346.45 kg/m ³	2300.62 kg/m ³	2302.79 kg/m ³
5	2321.30 kg/m ³	2313.38 kg/m ³	2290.79 kg/m ³	2272.73 kg/m ³
6	2291.23 kg/m ³	2228.18 kg/m ³	2264.90 kg/m ³	2220.51 kg/m ³
7	2310.69 kg/m ³	2291.70 kg/m ³	2228.18 kg/m ³	2267.25 kg/m ³
8	2317.84 kg/m ³	2146.49 kg/m ³	2268.41 kg/m ³	2238.67 kg/m ³
9	2311.49 kg/m ³	2330.49 kg/m ³	2292.60 kg/m ³	2317.84 kg/m ³
10	2317.00 kg/m ³	2317.84 kg/m ³	2265.76 kg/m ³	2317.00 kg/m ³
11	2339.30 kg/m ³	2315.75 kg/m ³	2301.72 kg/m ³	2286.67 kg/m ³
12	2311.49 kg/m ³	2215.56 kg/m ³	2242.74 kg/m ³	2376.29 kg/m ³
13	2303.53 kg/m ³	2314.56 kg/m ³	2317.84 kg/m ³	2328.50 kg/m ³
14	2267.76 kg/m ³	2133.32 kg/m ³	2243.82 kg/m ³	2214.68 kg/m ³
15	2312.30 kg/m ³	2272.73 kg/m ³	2272.73 kg/m ³	2332.15 kg/m ³
PROMEDIO	2317.86 kg/m³	2280.40 kg/m³	2294.83 kg/m³	2281.86 kg/m³

En la Tabla N° 13 se muestra que el promedio de la densidad de masa del concreto en estado endurecido de las cuatro tandas de concreto para los cuatro grupos de probetas, la tanda de concreto para probetas estándar muestra una densidad de masa en estado endurecido es de 2317.86 kg/m³, la tanda de concreto para probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido sin adhesivo muestra una densidad de masa en estado endurecido es de 2280.40 kg/m³, la tanda de concreto para probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido con adhesivo Chema Epox Adhesivo 32 muestra una densidad de masa en estado endurecido es de 2294.83 kg/m³, la tanda de concreto para probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido con adhesivo Sikadur 32 Gel muestra una densidad de masa en estado endurecido es de 2281.86 kg/m³, todos estos valores son cercanos al valor que la bibliografía recomienda que es aproximadamente de 2300 kg/m³.

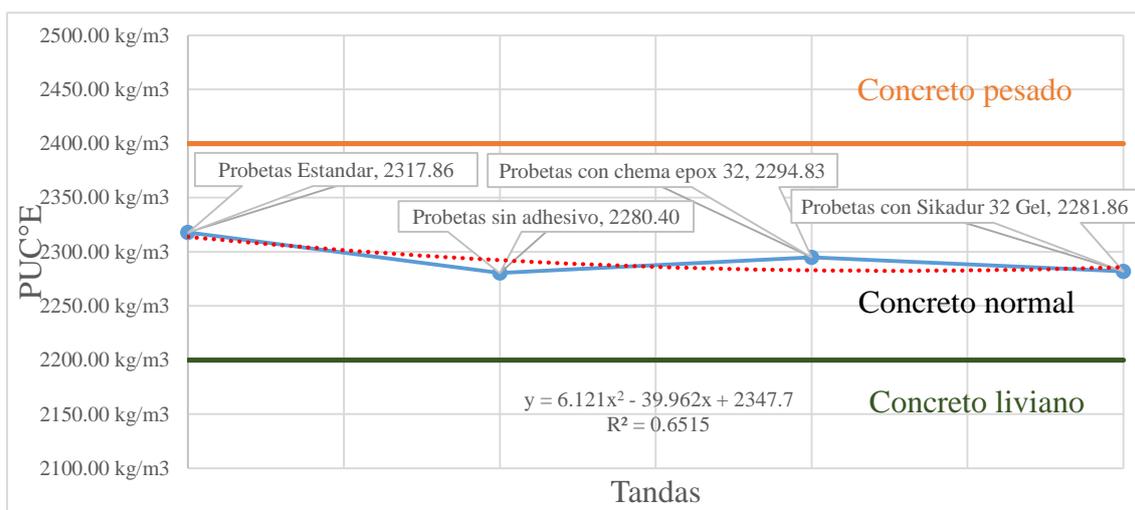


Gráfico N° 3: Densidad de masa del concreto en estado endurecido

En el gráfico N° 3 se muestra que no existe mucha variación entre las 4 tandas de concreto, ya que los promedios de las densidades de masa se encuentran dentro del rango teóricamente establecido para concretos normales (2200kg/m³– 2400kg/m³).

4.5. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESIÓN

Se determinó la resistencia a compresión de 60 especímenes de concreto a los 28 días en 4 grupos de especímenes.

Tabla N° 14: Ensayos a compresión a los 28 días de los cuatro grupos de especímenes

Promedio de ensayos a compresión	
Tanda	Edad
	Veintiocho días
Probetas Estándar	2.45 MPa
Probetas sin adhesivo	0.87 MPa
Probetas con chema epox 32	1.42 MPa
Probetas con Sikadur 32 Gel	0.93 MPa

En la tabla N° 14 se observa que en las probetas con puente de adherencia sin adhesivo la resistencia a compresión es mucho menor a la resistencia a compresión de las probetas estándar, en las probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido en las que se empleó adhesivo Sikadur 32 Gel la resistencia a compresión presentó un aumento no significativo con referencia a las probetas sin adhesivo, en las probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido en las que se empleó adhesivo Chema Epox Adhesivo 32 la resistencia a compresión aunque no se acercó al promedio de las probetas estándar si aumento significativamente en referencia a las probetas sin adhesivo.

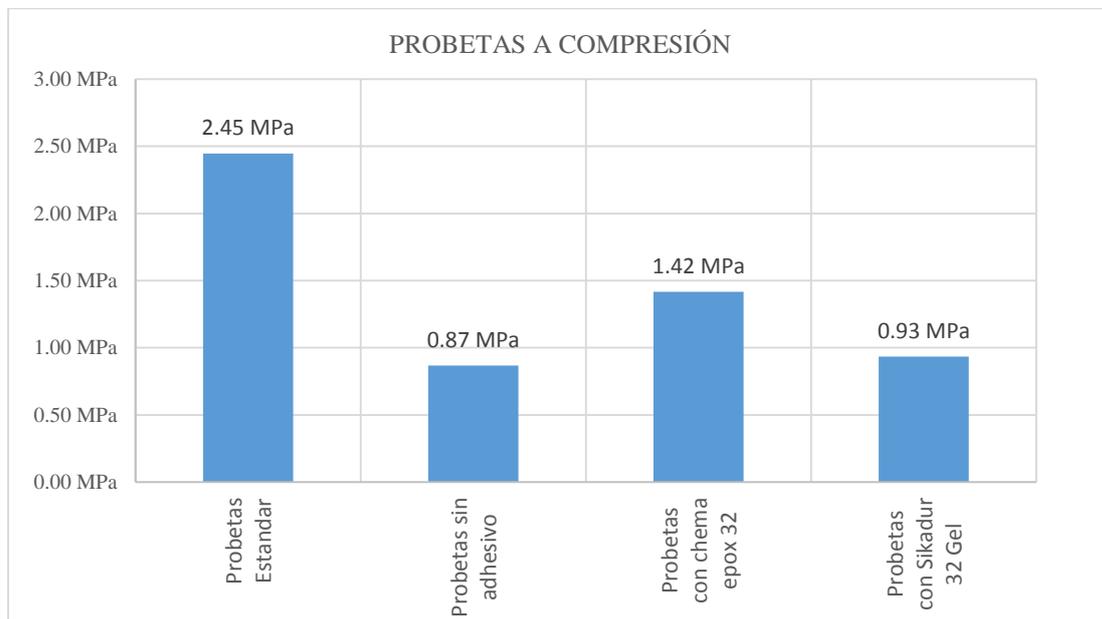


Gráfico N° 4: Promedio de ensayos a compresión.

En el gráfico N° 4 se muestra la resistencia a compresión del concreto a 28 días de ensayo para los cuatro grupos de probetas, se puede observar como la resistencia a compresión de las probetas con puente de adherencia disminuye a comparación de las probetas

estándar, pero el promedio para el grupo de probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido con adhesivo Chema Epox Adhesivo 32 presenta resultados mejores comparados con el grupo de probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido con adhesivo Sikadur 32 Gel.



Imagen N° 14: Probetas sin adhesivo ensayadas a compresión

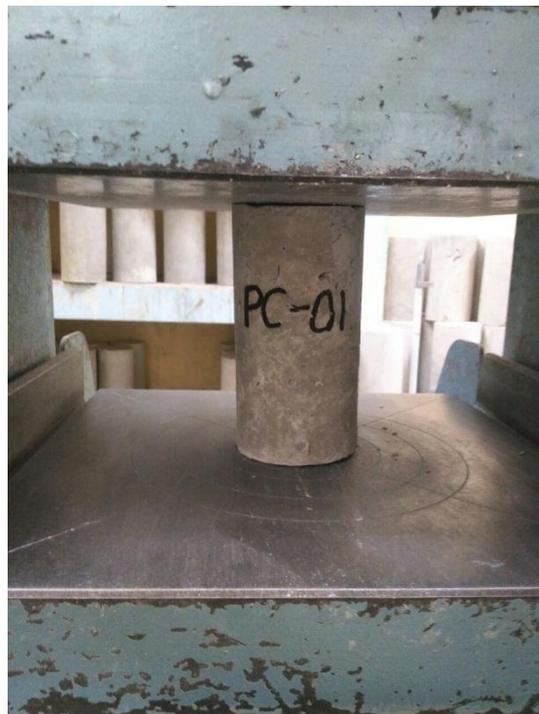


Imagen N° 15: Probetas con adhesivo Chema Epox Adhesivo 32 ensayadas a compresión



Imagen N° 16: Probetas con adhesivo Sikadur 32 Gel ensayadas a compresión

4.6. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A TRACCIÓN

Se determinó la resistencia a tracción de 60 especímenes de concreto a los 28 días en 4 grupos de especímenes.

Tabla N° 15: Ensayos a tracción a los 28 días de los cuatro grupos de especímenes

Promedio de ensayos a tracción	
Tanda	Edad
	Veintiocho días
Probetas Estándar	3.20 MPa
Probetas sin adhesivo	2.56 MPa
Probetas con chema epox 32	2.95 MPa
Probetas con Sikadur 32 Gel	2.70 MPa

En la tabla N° 15 se muestran los resultados de los promedios de la resistencia a tracción del concreto para los cuatro grupos de probetas, en estos resultados se verifica que la resistencia a tracción de las probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido con adhesivo Chema Epox Adhesivo 32 es mayor a la resistencia a tracción de las probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido con adhesivo Sikadur 32 Gel; además ambos

grupos presentan resistencia a tracción mayor a las probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido sin adhesivo pero no llegan a la resistencia de las probetas estándar.

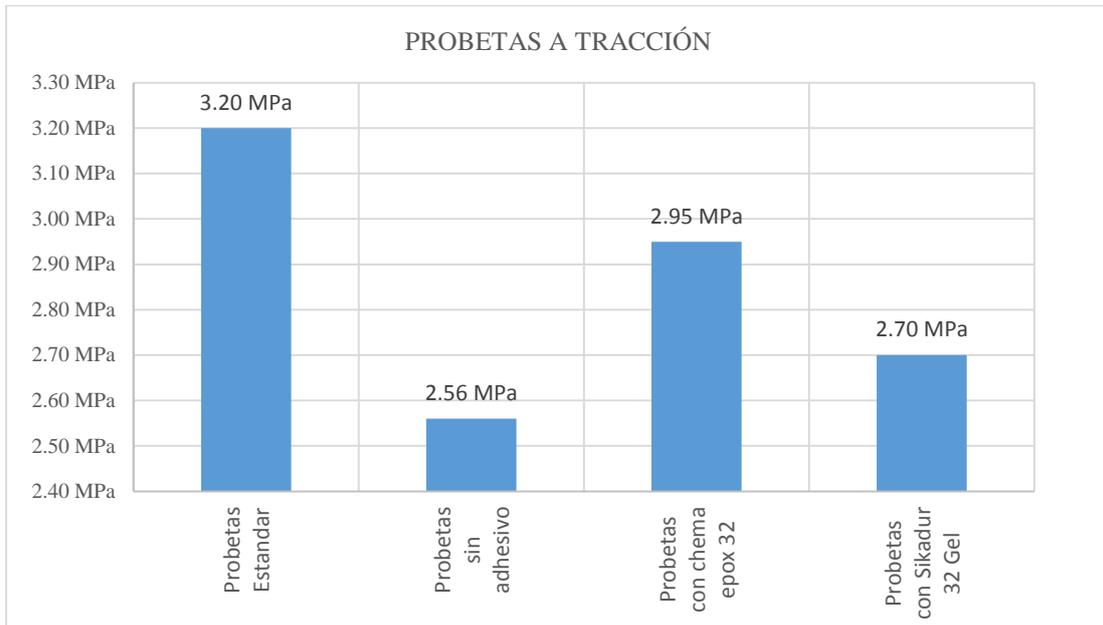


Grafico N° 5: Promedio de ensayos a tracción

En el Gráfico N° 5 se presentan los resultados de los promedios de la resistencia a tracción, se puede observar que la resistencia a tracción del grupo de probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido con adhesivo Chema epox Adhesivo 32 es mayor a la resistencia de las probetas de mezcla de concreto fresco y endurecido con adhesivo Sikadur 32 Gel.



Imagen N° 17: Probetas sin adhesivo ensayadas a tracción



Imagen N° 18: Probetas con adhesivo Chema Epox Adhesivo 32 ensayadas a tracción



Imagen N° 19: Probetas con adhesivo Sikadur 32 Gel ensayadas a tracción

4.7. CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS

Tabla N° 16: Resumen de resultados de los cuatro grupos de especímenes

RESUMEN DE RESULTADOS					
Tanda	Asentamiento	PUC°F	PUC°E	Resistencia promedio a compresión	Resistencia promedio a tracción
Probetas Estándar	9.50 cm	2328.52 kg/m ³	2317.86 kg/m ³	2.45 MPa	3.20 MPa
Probetas sin adhesivo	10.00 cm	2314.20 kg/m ³	2280.40 kg/m ³	0.87 MPa	2.56 MPa
Probetas con chema epox 32	10.00 cm	2319.31 kg/m ³	2294.83 kg/m ³	1.42 MPa	2.95 MPa
Probetas con Sikadur 32 Gel	9.00 cm	2316.25 kg/m ³	2281.86 kg/m ³	0.93Pa	2.70Pa

4.8. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

Se planteó que la resistencia de las mezclas de concreto fresco y endurecido unidos con Sikadur 32 Gel son mayores en un 20% a las unidos con Chema Epox Adhesivo 32, sin embargo se llegó a determinar que la resistencia a compresión de las mezclas de concreto fresco y endurecido unidos con Sikadur 32 Gel es menor en un 34.12% a los unidos con Chema Epox Adhesivo 32 y la resistencia a tracción de las mezclas de concreto fresco y endurecido unidos con Sikadur 32 Gel es menor en un 8.47% a los unidos con Chema Epox Adhesivo 32, por lo tanto se contrasto contrariamente la hipótesis planteada.

CAPÍTULO

V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En la mezcla de prueba se obtuvo un peso unitario del concreto de 2275.00 kg/m³, este resultado se utilizó en la corrección del diseño de mezcla y en las nuevas mezclas se obtuvieron valores promedio de 2328.52 kg/m³, 2314.20 kg/m³, 2319.31 kg/m³ y 2316.25 kg/m³; estos valores nos muestran que se corrigió correctamente el diseño.
- La resistencia a compresión de mezclas de concreto fresco y endurecido de $f'c = 210$ kg/cm² unidos con Chema Epox Adhesivo 32 es mayor en un 34.11% a la resistencia a compresión de mezclas de concreto fresco y endurecido unidos con Sikadur 32 Gel.
- La resistencia a compresión de mezclas de concreto fresco y endurecido de $f'c = 210$ kg/cm² unidos con Chema Epox Adhesivo 32 es menor en un 42.10% a la resistencia a compresión de un concreto sin puente de adherencia, pero mayor en un 63.46% a la resistencia a compresión de mezclas de concreto fresco y endurecido sin adhesivo.
- La resistencia a compresión de mezclas de concreto fresco y endurecido de $f'c = 210$ kg/cm² unidos con Sikadur 32 Gel es menor en un 61.85% a la resistencia a compresión de un concreto sin puente de adherencia, pero mayor en un 7.69% a la resistencia a compresión de mezclas de concreto fresco y endurecido sin adhesivo.
- La resistencia a tracción de mezclas de concreto fresco y endurecido de $f'c = 210$ kg/cm² unidos con Chema Epox Adhesivo 32 es mayor en un 8.47% a la resistencia a tracción de mezclas de concreto fresco y endurecido unidos con Sikadur 32 Gel.
- La resistencia a compresión de mezclas de concreto fresco y endurecido de $f'c = 210$ kg/cm² unidos con Chema Epox Adhesivo 32 es menor en un 7.81% a la resistencia a tracción de un concreto sin puente de adherencia, pero mayor en un 15.23% a la resistencia a tracción de mezclas de concreto fresco y endurecido sin adhesivo.

- La resistencia a tracción de mezclas de concreto fresco y endurecido de $f'c = 210$ kg/cm² unidos con Sikadur 32 Gel es menor en un 15.63% a la resistencia a tracción de un concreto sin puente de adherencia, pero mayor en un 5.47% a la resistencia a tracción de mezclas de concreto fresco y endurecido sin adhesivo.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de mezclas de concreto fresco y endurecido unidos con otros tipos de adhesivos que se encuentren en el mercado.
- Realizar investigaciones de análisis comparativo de costo/beneficio del empleo de adhesivos para la unión de mezclas de concreto fresco y endurecido.
- Se recomienda realizar ensayos de unión de concreto fresco y concreto endurecido de diferentes resistencias.
- Se recomienda utilizar los adhesivos epóxicos en obras de reparación de estructuras, donde se hace necesaria una buena unión entre el concreto antiguo y el concreto nuevo de reparación.

CAPÍTULO

VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. ARTÍCULOS Y TESIS

- Loayza Seminario, J. 2008. “Reparación de un Muro de Albañilería Confinada mediante varillas de Fibra de Vidrio”
- Archila Ortiz, G. 2007. “Evaluación sobre adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo con dos tipos de epóxicos”

6.2. LIBROS Y REGLAMENTOS

- Rivva López, E. 2014a. Materiales Para el Concreto. 3 ed. Lima. Perú. ICG. 208p.
- Rivva López, E. 2014b. Diseño de Mezclas. 2 ed. Lima. Perú. ICG. 208p.

6.3. NORMAS

- ASTM C 881. Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete.
- ASTM C 882. Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used With Concrete
- NTP 334.009.2013. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. 5ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.034.2008 (revisada 2013). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.046.2008 (revisada 2013). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.

- NTP 339.047.2006. HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. 2ª. Ed. R. 2006-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.079.2012 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo. 3ª. Ed. R. 2012-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.084.2012 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. 3ª. Ed. R. 2012-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.088.2006 HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. 2ª. Ed. R. 2006-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.183.2013. HORMIGÓN. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.185.2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable del agregado por secado. 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.010.2011 AGREGADOS. Extracción y preparación de muestras. 3ª. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.011.2008 (revisada el 2013) AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.012.2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.017.2011 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso unitario”) y los vacíos en los agregados. 3ª. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.018.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ (Nº 200). 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.019.2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores para abrasión e impacto en la máquina de los ángeles. 2ª. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.

- NTP 400.021.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.022.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.037.2002 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto). 2ª. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.

CAPÍTULO

VII

ANEXOS

7.1. ANEXO I: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Tabla N° 17: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado grueso

ENSAYO N° 01					
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
NOMENCLATURA	ABERTURA (mm)				
1 ½	38.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾	19.000	12.00	0.20%	0.20%	99.80%
½	12.500	2778.00	46.47%	46.67%	53.33%
3/8	9.50	1822.00	30.48%	77.15%	22.85%
N° 04	4.760	1276.00	21.34%	98.49%	1.51%
N° 08	2.380	38.00	0.64%	99.13%	0.87%
N° 16	1.190	6.00	0.10%	99.23%	0.77%
N° 30	0.595	4.00	0.07%	99.30%	0.70%
N° 50	0.297	8.00	0.13%	99.43%	0.57%
N° 100	0.149	14.00	0.23%	99.66%	0.34%
N° 200	0.074	12.00	0.20%	99.86%	0.14%
< N° 200	0.074	8.00	0.13%	99.99%	0.01%
TOTAL		5978	100%		

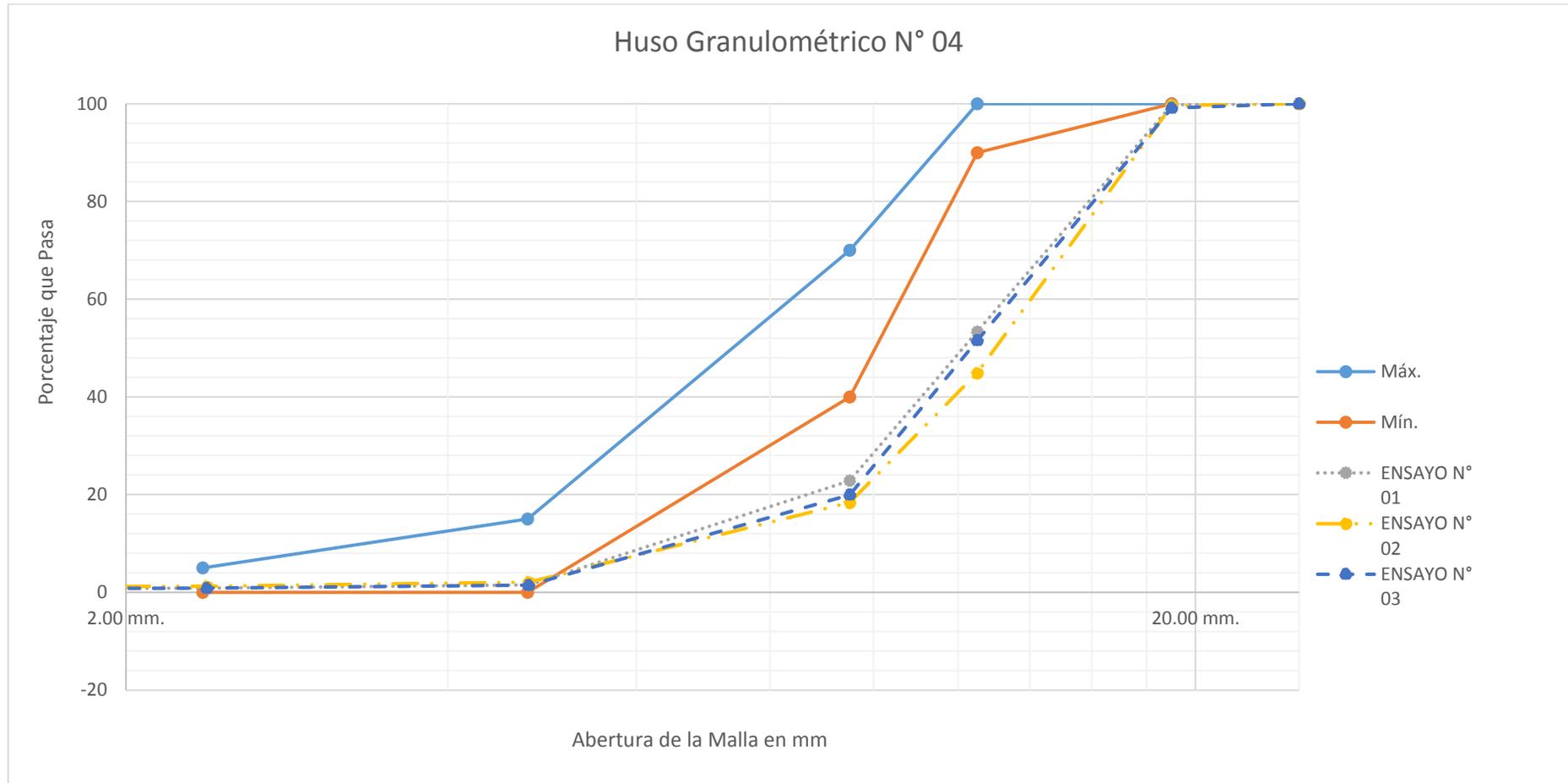
Tabla N° 18: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado grueso

ENSAYO N° 02					
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
NOMENCLATURA	ABERTURA (mm)				
1 ½	38.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾	19.000	20.00	0.35%	0.35%	99.65%
½	12.500	3104.00	54.76%	55.11%	44.89%
3/8	9.50	1504.00	26.53%	81.64%	18.36%
N° 04	4.760	922.00	16.27%	97.91%	2.09%
N° 08	2.380	48.00	0.85%	98.76%	1.24%
N° 16	1.190	10.00	0.18%	98.94%	1.06%
N° 30	0.595	6.00	0.11%	99.05%	0.95%
N° 50	0.297	14.00	0.25%	99.30%	0.70%
N° 100	0.149	18.00	0.32%	99.62%	0.38%
N° 200	0.074	12.00	0.21%	99.83%	0.17%
< N° 200	0.074	10.00	0.18%	100.01%	-0.01%
TOTAL		5668	100%		

Tabla N° 19: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado grueso

ENSAYO N° 03					
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
NOMENCLATURA	ABERTURA (mm)				
1 ½	38.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾	19.000	54.00	0.90%	0.90%	99.10%
½	12.500	2848.00	47.56%	48.46%	51.54%
3/8	9.50	1892.00	31.60%	80.06%	19.94%
N° 04	4.760	1108.00	18.50%	98.56%	1.44%
N° 08	2.380	36.00	0.60%	99.16%	0.84%
N° 16	1.190	10.00	0.17%	99.33%	0.67%
N° 30	0.595	4.00	0.07%	99.40%	0.60%
N° 50	0.297	8.00	0.13%	99.53%	0.47%
N° 100	0.149	14.00	0.23%	99.76%	0.24%
N° 200	0.074	10.00	0.17%	99.93%	0.07%
< N° 200	0.074	4.00	0.07%	100.00%	0.00%
TOTAL		5988	100%		

Grafico N° 6: Requisito granulométrico del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 20: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado fino

ENSAYO N° 01					
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
NOMENCLATURA	ABERTURA (mm)				
3/8	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 04	4.760	160.00	22.92%	22.92%	77.08%
N° 08	2.380	146.00	20.92%	43.84%	56.16%
N° 16	1.190	96.00	13.75%	57.59%	42.41%
N° 30	0.60	80.00	11.46%	69.05%	30.95%
N° 50	0.297	104.00	14.90%	83.95%	16.05%
N° 100	0.149	76.00	10.89%	94.84%	5.16%
N° 200	0.074	26.00	3.72%	98.56%	1.44%
< N° 200	0.074	10.00	1.43%	99.99%	0.01%
TOTAL		698.00	99.99%		

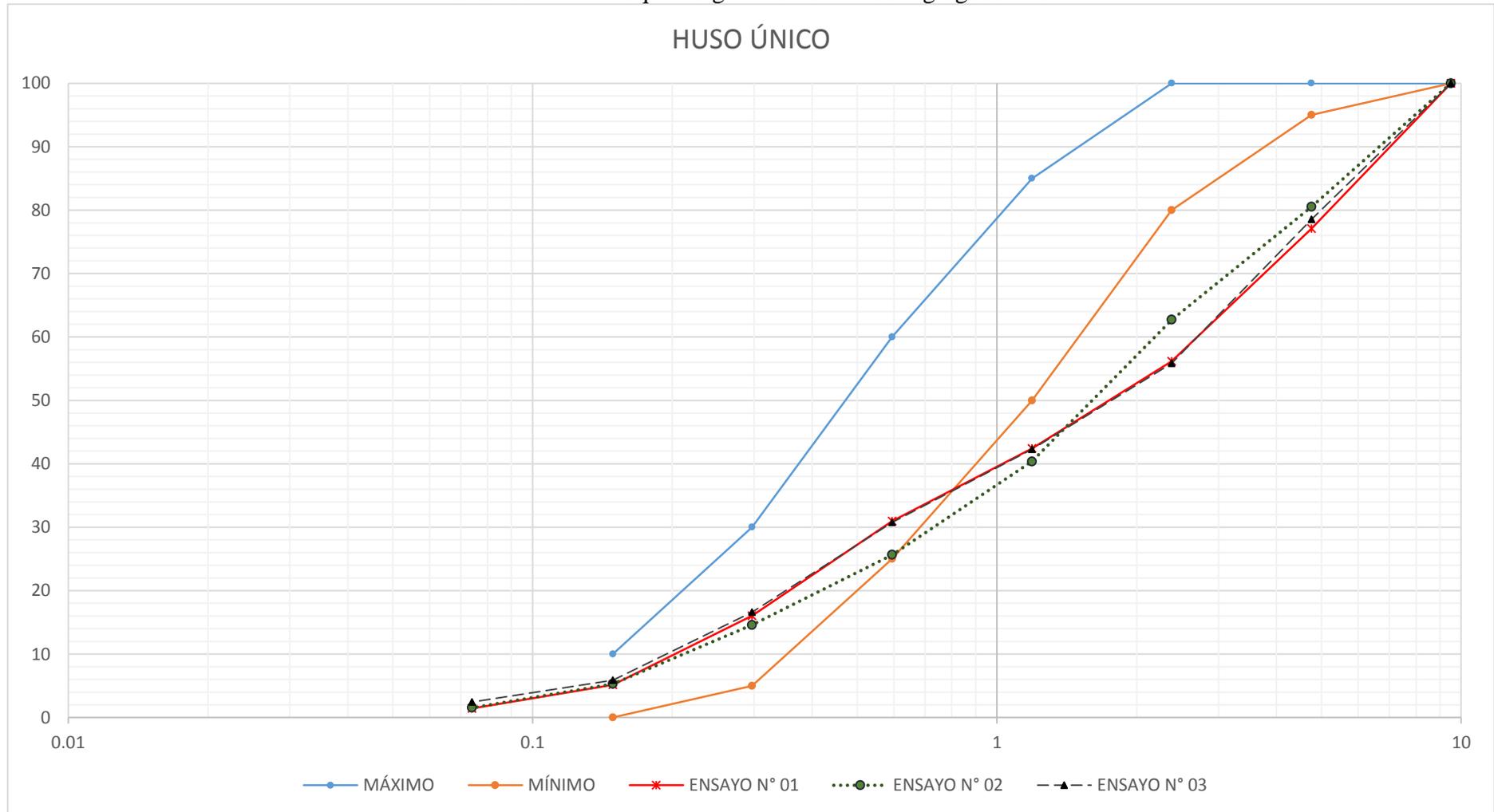
Tabla N° 21: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado fino

ENSAYO N° 02					
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
NOMENCLATURA	ABERTURA (mm)				
3/8	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 04	4.760	176.00	19.47%	19.47%	80.53%
N° 08	2.380	161.00	17.81%	37.28%	62.72%
N° 16	1.190	202.00	22.35%	59.63%	40.37%
N° 30	0.60	133.00	14.71%	74.34%	25.66%
N° 50	0.297	100.00	11.06%	85.40%	14.60%
N° 100	0.149	84.00	9.29%	94.69%	5.31%
N° 200	0.074	34.00	3.76%	98.45%	1.55%
< N° 200	0.074	14.00	1.55%	100.00%	0.00%
TOTAL		904.00	100.00%		

Tabla N° 22: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado fino

ENSAYO N° 03					
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
NOMENCLATURA	ABERTURA (mm)				
3/8	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 04	4.760	212.00	21.46%	21.46%	78.54%
N° 08	2.380	224.00	22.67%	44.13%	55.87%
N° 16	1.190	134.00	13.56%	57.69%	42.31%
N° 30	0.60	114.00	11.54%	69.23%	30.77%
N° 50	0.297	140.00	14.17%	83.40%	16.60%
N° 100	0.149	106.00	10.73%	94.13%	5.87%
N° 200	0.074	34.00	3.44%	97.57%	2.43%
< N° 200	0.074	24.00	2.43%	100.00%	0.00%
TOTAL		988.00	100.00%		

Grafico N° 7: Requisito granulométrico del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 23: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado grueso

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
PESO DE LA CANASTILLA (gr.)	2530.00	2530.00	2530.00
PESO DE LA CANASTILLA + MATERIAL SECO ANTES DEL ENSAYO (gr.)	13169.85	13400.15	12699.35
PESO DEL MATERIAL SECO ANTES DEL ENSAYO (gr.)	10639.85	10870.15	10169.35
PESO DE LA CANASTILLA + MATERIAL SECO DESPUÉS DEL ENSAYO (gr.)	12975.05	13210.15	12506.85
PESO DEL MATERIAL SECO DESPUÉS DEL ENSAYO (gr.)	10445.05	10680.15	9976.85
PESO DE LAS PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200	194.80	190.00	192.50
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200	1.83%	1.75%	1.89%
PROMEDIO	1.82%		

Tabla N° 24: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino

ITEM	ENSAYO N° 01
PESO DE LA TARA (gr.)	80.00
PESO DE LA TARA + MATERIAL SECO ANTES DEL ENSAYO (gr.)	580.00
PESO DEL MATERIAL SECO ANTES DEL ENSAYO (gr.)	500.00
PESO DE LA TARA + MATERIAL SECO DESPUÉS DEL ENSAYO (gr.)	555.52
PESO DEL MATERIAL SECO DESPUÉS DEL ENSAYO (gr.)	475.52
PESO DE LAS PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200	24.48
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200	4.90%
PROMEDIO	4.90%

Tabla N° 25: Ensayo para densidad relativa del agregado grueso

ITEM	FÓRMULA	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
Peso de la Muestra Seca (A)	-----	5665.00 gr	5060.00 gr	5291.00 gr	-----
Peso Saturado Superficialmente Seco (B)	-----	5709.00 gr	5093.00 gr	5335.00 gr	-----
Peso de la Muestra en Agua (C)	$\frac{A}{A}$	3498.00 gr	3113.00 gr	3267.00 gr	-----
Gravedad específica en estado seco al horno	$\frac{(B - C)}{B}$	2.56	2.56	2.56	2.56 gr/cm3
Gravedad específica en estado saturado superficialmente seco	$\frac{B}{(B - C)}$	2.58	2.57	2.58	2.58 gr/cm3
Gravedad Específica Aparente	$\frac{A}{(A - C)}$	2.61	2.60	2.61	2.61 gr/cm3
Absorción	$\frac{(B - A)}{A}$	0.78%	0.65%	0.83%	0.75%

Tabla N° 26: Ensayo para densidad relativa del agregado fino

ITEM	FÓRMULA	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
Peso Saturado Superficialmente Seco (S)	-----	500.00 gr	500.00 gr	500.00 gr	-----
Peso Saturado Superficialmente Seco + Peso de Picnómetro (C)	-----	950.30 gr	951.00 gr	950.10 gr	-----
Peso del Picnómetro + Agua (B)	-----	641.30 gr	641.80 gr	641.10 gr	-----
Peso de la Muestra Seca (A)	-----	492.10 gr	491.30 gr	491.80 gr	-----
Gravedad específica en estado seco al horno	$\frac{A}{(B + S - C)}$	2.58 gr/cm3	2.57 gr/cm3	2.57 gr/cm3	2.58 gr/cm3
Gravedad específica en estado saturado superficialmente seco	$\frac{S}{(B + S - C)}$	2.62 gr/cm3	2.62 gr/cm3	2.62 gr/cm3	2.62 gr/cm3
Gravedad específica aparente	$\frac{A}{(B + A - C)}$	2.69 gr/cm3	2.70 gr/cm3	2.69 gr/cm3	2.69 gr/cm3
Absorción	$\frac{(S - A)}{(A)}$	1.61%	1.77%	1.67%	1.68%

Tabla N° 27: Ensayo para peso específico del agua

Peso Específico del Agua Para Ensayo Densidad de Masa del Agregado				
Ítem	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03	Promedio
Peso de Fiola + Agua (gr)	654.000	654.000	654.000	654.000
Peso de Fiola (gr)	158.000	158.000	158.000	158.000
Peso de Agua (gr)	496.000	496.000	496.000	496.000
Volumen de Agua (cm³)	500.000	500.000	500.000	500.000
Peso Específico del Agua (gr/cm³)	0.992	0.992	0.992	0.992

Tabla N° 28: Ensayo de densidad de masa del agregado grueso en estado seco suelto

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
PESO DEL MOLDE (gr)	3882	3882	3882	3882.00
PESO DEL MOLDE + AGREGADO (gr)	8048	8008	8050	8035.33
PESO DE AGREGADO (gr)	4166	4126	4168	4153.33
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (gr)	3007.39	3007.39	3007.39	3007.39
DENSIDAD DE MASA EN ESTADO SECO SUELTO (gr/cm³)	1.385	1.372	1.386	1.381

Tabla N° 29: Ensayo de densidad de masa del agregado grueso en estado seco compactado

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
PESO DEL MOLDE (gr)	3882	3882	3882	3882.00
PESO DEL MOLDE + AGREGADO (gr)	8536	8564	8508	8536.00
PESO DE AGREGADO (gr)	4654	4682	4626	4654.00
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (gr)	3007.39	3007.39	3007.39	3007.39
DENSIDAD DE MASA EN ESTADO SECO COMPACTADO (gr/cm³)	1.548	1.557	1.538	1.548

Tabla N° 30: Ensayo de densidad de masa del agregado fino en estado seco suelto

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
PESO DEL MOLDE (gr)	3882	3882	3882	3882.00
PESO DEL MOLDE + AGREGADO (gr)	8536	8564	8508	8536.00
PESO DE AGREGADO (gr)	4654	4682	4626	4654.00
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (gr)	3007.39	3007.39	3007.39	3007.39
DENSIDAD DE MASA EN ESTADO SECO SUELTO (gr/cm³)	1.548	1.557	1.538	1.548

Tabla N° 31: Ensayo de densidad de masa del agregado fino en estado seco compactado

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
PESO DEL MOLDE (gr)	3882	3882	3882	3882.00
PESO DEL MOLDE + AGREGADO (gr)	9160	9168	9226	9184.67
PESO DE AGREGADO (gr)	5278	5286	5344	5302.67
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (gr)	3007.39	3007.39	3007.39	3007.39
DENSIDAD DE MASA EN ESTADO SECO COMPACTADO (gr/cm³)	1.755	1.758	1.777	1.763

Tabla N° 32: Porcentaje de vacíos del agregado

ITEM	Agregado Grueso	Agregado Fino
Densidad de masa seca suelta (kg/m³)	1381.00	1548.00
Densidad de masa seca compactada (kg/m³)	1548.00	1763.00
Gravedad específica de masa (gr/cm³)	2.56	2.49
Densidad del agua (kg/m³)	992.00	992.00
Vacíos en base al agregado suelto (%)	46%	37%
Vacíos en base al agregado compactado (%)	39%	28%

Tabla N° 33: Porcentaje de vacíos del agregado grueso

ITEM	Agregado Grueso	Agregado Grueso	Agregado Grueso	PROMEDIO
Peso del Molde (kg)	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00
Peso del Molde + Muestra sss (kg)	19009.00	19012.00	19020.00	19013.67
Peso del Molde + Muestra sss + Agua (kg)	23001.00	22860.00	22910.00	22923.67
Peso del Molde + Agua (kg)	14059.30	14054.24	14059.30	14057.61
Vacíos en base al agregado compactado (%)	40%	39%	39%	40%

7.2. ANEXO II: FICHAS TÉCNICAS DE ADHESIVOS EPÓXICOS



DESCRIPCIÓN Pegamento epóxico gris compuesto por resinas epóxicas y cargas seleccionadas de dos componentes de alta adherencia y elevadas resistencias mecánicas. Asegura una unión perfecta entre concreto fresco y endurecido, concreto con meta l y otros.
Componentes: Parte "A" Resina Epóxica y Parte "B" Catalizador. Este pegamento una vez mezclado puede aplicarse como puente de adherencia o para preparar un mortero epóxico de reparación en elementos estructurales (de concreto o como relleno de cangrejeras).

- USOS**
- Como puente de adherencia entre concreto fresco y endurecido.
 - Unión de prefabricados de concreto.
 - Como anclaje
 - Extensión de columnas
 - Apoyos de nuevas vigas sobre estructuras antiguas
 - Fijación de los refuerzos estructurales
 - Para reparaciones, de elementos de concreto (tubos y otros).
 - Para pegar concreto nuevo a viejo y/o reemplazando los elementos deteriorados o desgastados, por ejemplo en la reparación de losas desgastadas.
 - Para pegar diversos materiales del mismo tipo o totalmente diferentes como hierro o concreto, fibrocemento, madera y otros.
 - Para reparaciones de grietas de volumen en elementos estructurales.
 - Para resanar muros de ladrillo portantes que hayan sufrido rajaduras.

- VENTAJAS**
- Asegura una unión monolítica entre concretos de distintas edades.
 - Alta resistencia a la humedad y a los ataques químicos.
 - Producto de fácil aplicación.
 - Alta adherencia sobre concreto, hierro, acero, piedra, madera, fibrocemento y otros.

DATOS TÉCNICOS

CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS	CHEMA EPOX	
	ADHESIVO 32	
Color	Parte "A"	Gris Oscuro
	Parte "B"	Ambur
	Mezcla A+B	Gris Oscuro
Peso específico (Kg/dm ³)	Parte "A"	5.600
	Parte "B"	3.699
	Mezcla A+B	5.234
Viscosidad (K.U)	Mezcla A+B	100.5
Pot. 8h	Mezcla A+B	2h 10'
	dia	550
Resistencia a la compresión (Kg/Cm ²)	3 días	715
	7 días	814
	dia	55
	dia	65
Dureza Shore D	3 días	70
	dia	70
Secado	Seco	4h30'
	Seco duro	24h
Rendimiento	como Relleno de Anclaje	3.35 litros/lit de 5 kg
	como Película (1 mm de esp.)	4.45 m ² /lit de 5 kg
Proporción Mezcla en Volumen	Parte "A"	3
	Parte "B"	1
Proporción Mezcla en peso (Kg)	Parte "A"	4.11
	Parte "B"	0.89
	total	5.00

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO

IMPORTANTE: Utilice guantes, lentes y mascarilla de protección antes de aplicar el producto

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE:

- La superficie debe estar totalmente limpia, seca y libre de humedad, eliminándose el polvo, grasa, pintura y aceite de la superficie, debiendo dejarse sólo lo que esta estructuralmente sano. Una vez limpia se recomienda soplearla con aire comprimido.

PREPARACIÓN DEL PRODUCTO:

- Prepare la mezcla en recipiente de plástico, pero no hacerlo en el mismo envase metálico. Mezcle lo necesario a usar en el momento.
- Mezcle ambos componentes en volumen: 3 partes de A y 1 parte de B y bata ambas partes hasta obtener una mezcla homogénea de preferencia con un taladro de baja velocidad 350 RPM usando espas o paletas.
- Deje reposar unos minutos para eliminar burbujas y luego aplique con una brocha en el área de contacto.
- El color de las partes bañadas debe ser uniforme, nunca agregarle ningún solvente.

IMPORTANTE:

- El tiempo abierto para usar el concreto es de 2 horas como máximo.
- Tiempo de trabajabilidad: 2 horas a 25° C
- Temperatura de aplicación: 5° C a 40° C

APLICACIÓN DE LA MEZCLA DEL PRODUCTO:

Aplique el CHEMA EPOXADHESIVO 32 preparado como puente de adherencia con una brocha cubriendo bien la superficie de contacto antes de las 2 horas. El espesor de la capa debe ser alrededor 1mm, dependiendo de la rugosidad de la superficie.

RENDIMIENTO

Consumo aprox. 0.3 a 0.5 Kg/m²

PRESENTACIÓN

Kit de 1kg (Código: 02026005)
kit de 5 kg (Parte A: 4.11kg Parte B: 0.89 kg) (Código: 02026004)

ALMACENAMIENTO

2 años mínimo en su envase original cerrado, en ambientes entre 10° C y 25° C.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES

Los componentes del epóxico pueden causar irritación.
Para mayor información solicite la Hoja de Seguridad del producto.
En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico).
Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.
No comer ni beber mientras manipula el producto.
Lavarse las manos luego de manipular el producto.
Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo.
Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.
En caso de contacto con los ojos y la piel, lívese con abundante agua.
Si es ingerido, no provocar vómitos; procurar ayuda médica inmediata.



HOJA TÉCNICA

Sikadur® - 32 Gel

Puente de Adherencia

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un adhesivo de dos componentes a base de resinas epóxicas seleccionadas, libre de solventes.

USOS

- Como adhesivo estructural de concreto fresco con concreto endurecido.
- Como adhesivo entre elementos de concreto, piedra, mortero, acero, fierro, fibra cemento, madera.
- Adhesivo entre concreto y mortero.
- En anclajes de pernos en concreto o roca, donde se requiere una puesta en servicio rápida (24 horas).

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Fácil de aplicar
- Libre de solventes
- No es afectado por la humedad
- Altamente efectivo, aun en superficies húmedas
- Trabajable a bajas temperaturas
- Alta resistencia a la tracción

DATOS BÁSICOS

FORMA	COLORES GRIS (MEZCLA A+B) ASPECTO Líquido Densio PRESENTACIÓN Juego de 1 kg. Juego de 5 kg.
ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Se puede almacenar en su envase original cerrado, sin deterioro en un lugar fresco, seco y bajo techo durante dos años a una temperatura entre 5°C y 30°C. Acondicione el material a 18°C a 30°C antes de usar.

DATOS TÉCNICOS	<p>DENSIDAD 1.6 kg/lts.</p> <p>PROPORCIÓN DE LA MEZCLA EN PESO A:B = 2:1 Pot life a 20°C 25 minutos</p> <p>Cumple la norma ASTM C-881 Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding System for Concrete. Está certificado como producto no tóxico por el Instituto de Salud Pública de Chile.</p> <p>Resistencia a compresión (ASTM D 695) 1 día = 75 Mpa 10 días = 90 Mpa</p> <p>Resistencia a flexión (ASTM C 580) 10 días = 34 Mpa</p> <p>Adherencia (ASTM C 882) > 13 Mpa</p> <p>Fuerza de arrancamiento de anclaje en concreto H25 (fe A63-42H, 012mm, LxL=12cm) 6.000 kgf</p> <p>USGBC VALORACIÓN LEED Sikadur®-32 Gel cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQ: 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants.</p> <p>Contenido de VOC < 70 g/L (menos agua)</p>
-----------------------	---

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN	<p>CONSUMO / DOSIS El consumo aproximado es de 0.3 a 0.5 kg/m², dependiendo de la rugosidad y temperatura de la superficie.</p>
MÉTODO DE APLICACIÓN	<p>CONCRETO Al momento de aplicar Sikadur®-32 Gel el concreto debe encontrarse limpio, libre de polvo, partes sueltas o mal adheridas, sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, entre otros. Debe estar firme y sano con respecto a sus resistencias mecánicas.</p> <p>La superficie de concreto debe limpiarse en forma cuidadosa hasta llegar al concreto sano, eliminando totalmente la lechada superficial. Esta operación se puede realizar con chorro de agua y arena, escobilla de acero, y otros métodos. La superficie a unir debe quedar rugosa.</p> <p>Metales Deben encontrarse limpios, sin óxido, grasa, aceite, pintura, entre otros. Se recomienda un tratamiento con chorro de arena a metal blanco o en su defecto utilizar métodos térmicos o físicos químicos.</p> <p>PREPARACIÓN DEL PRODUCTO Mezclar totalmente las partes A y B en un tercer recipiente limpio y seco, revolver en forma manual o mecánica con un taladro de bajas revoluciones (máx. 600 r.p.m.) durante 3-5 minutos aproximadamente, hasta obtener una mezcla homogénea. Evitar el aire atrapado.</p>

Hoja Técnica
Sikadur®-32 Gel
21.01.15. Edición 6

2/4

BUILDING TRUST



En caso que el volumen a utilizar sea inferior al entregado en los envases, se pueden subdividir los componentes respetando en forma rigurosa las proporciones indicadas en Datos Técnicos.

METODO DE APLICACIÓN

La colocación de Sikadur®-32 Gel se realiza con brocha, rodillo o pulverizado sobre una superficie preparada. En superficies húmedas asegurar la aplicación restregando con la brocha.

El concreto fresco debe ser vaciado antes de 3 horas a 20°C o 1 hora a 30°C de aplicado el Sikadur®-32 Gel. En todo caso el producto debe encontrarse fresco al vaciar la mezcla sobre él.

LIMPIEZA

Limpie las herramientas con diluyente a la proxilina.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

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

PRECAUCIONES DE MANIPULACION

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de gomas naturales o sintéticas y anteojos de seguridad.

En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

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.

"La presente Edición anula y reemplaza la Edición Nº 5

la misma que deberá ser destruida"

Hoja Técnica
Sikadur®-32 Gel
21.01.15. Edición 6

3/4

BUILDING TRUST



PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sikadur®- 32 Gel :

1- SIKa PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2- SIKa CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
refurbishment
Centro Industrial "Las Praderas
de Lurín" s/n M2 B, Lotes 5 y 6,
Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sikadur® 32 Gel
21.01.15. 61636-6

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.
NA, Departamento Técnico
Tel: 618-6060
Fax: 618-6003
Mail: informacion@pe.sika.com



© 2014 Sika Perú S.A.

7.3. ANEXO III: FICHA TÉCNICA DE CEMENTO



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



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

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

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

Resistencia Compresión :

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

Tiempo de Fraguado Vicat :

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

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2016
(*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff V. Rojas Tello
Superintendente de Control de Calidad

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

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

7.4. ANEXO III: CERTIFICADO DE LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



Universidad Nacional de Cajamarca
"Norte de la Universidad Peruana"

Fundado por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



EL QUE SUSCRIBE: JEFE DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

CERTIFICA

Que la bachiller en Ingeniería Civil BETTSY DANICSA MAZA IDROGO identificada con ANR N° 2008100051, ex alumna de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha registrado su asistencia a este laboratorio entre los periodos de Abril a Diciembre del 2016, dicha alumna ha realizado durante este periodo los ensayos necesarios para el desarrollo de la tesis titulada "ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE MEZCLAS DE CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO UNIDOS CON SIKADUR 32 Y CHEMA EPOX ADHESIVO 32 – CAJAMARCA 2016".

Se expide el presente certificado a solicitud de la interesada para los fines que crea convenientes.

Cajamarca, Enero del 2016



7.5. ANEXO IV: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla N° 34: Resistencia a la compresión promedio

$f'c$ (kg / cm ²)	$f'cr$ (kg / cm ²)
Menor de 214.20	$f'c + 71.4$
214.20 a 357.00	$f'c + 86.7$
Mayor de 357.00	$1.1f'c + 51$

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-060

Tabla N° 35: Requerimientos de agua en L/m³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada

Tipo de concreto	Asentamiento	TMN del agregado grueso							
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Sin aire incorporado	0" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
	3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
	> 5"	243	228	216	202	190	178	160	-
	Contenido de aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Con aire incorporado	0" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
	3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
	> 5"	216	205	197	184	174	166	154	-
	Contenido de aire total	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: Rivva (2014b)

Tabla N° 36: Relación agua/cemento del concreto por resistencia

Relación agua/cemento	Resistencia probable a los 28 días	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
0.35	420	335
0.45	350	280
0.54	280	225
0.63	225	180
0.71	175	140
0.80	140	110

Fuente: Rivva (2014b)

Tabla N° 37: Módulo de finura de la combinación de agregados

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Módulo de finura de la combinación de los agregados para los contenidos de cemento en saco / m ³ indicados.			
	6.00	7.00	8.00	9.00
3 / 8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1 / 2 "	4.46	4.54	4.61	4.89
3 / 4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09
3 "	6.16	6.24	6.31	6.38

Estos valores están referidos al agregado grueso, adecuadamente graduado con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores deben incrementarse o disminuirse en porcentaje de vacíos. 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

7.6. ANEXO V: DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla N° 38: Diseño de mezcla de concreto empleada para correcciones

TESIS : ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE MEZCLAS CON ADHESIVO EPOXICO					
TESISTA : Bach. Ing. Civil Bettsy Danicsa Maza Idrogo					
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS					
Fecha de Diseño : Viernes 10 de Junio del 2016					
Realizado por : Bach. Ing. Civil Bettsy Danicsa Maza Idrogo					
Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC					
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS					
Cantera de donde se extraen los materiales : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE - RIO CHONTA					
DATUM WGS-84	USO 17	FRANJA M			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUD :	07° 09' 43.54" S			
	LONGITUD :	78° 28' 04.20" O			
COORDENADAS UTM	COTA :				
	ESTE :	0779671.50			
	NORTE :	9207561.09			
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO					
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	=	210.00 kg / cm ²	Criterio de diseño establecido por la norma E-060 del RNE donde indica: Para f'c ≤ 21MPa se agregará 71.40 Kg/cm ²		
Selección		Menor de 214.20 kg / cm ²			
Incremento		71.40 kg / cm ²			
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'cr)	=	281.40 kg / cm ²			
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES					
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO			
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	:	1548	Peso unitario suelto seco (kg/m ³) : 1381.00		
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	:	1763	Peso unitario seco compactado (kg/m ³) : 1548.00		
Peso específico de masa (gr/cm ³)	:	2.62	Peso específico de masa (gr/cm ³) : 2.58		
Absorción (%)	:	1.68	Absorción (%) : 0.75		
Contenido de Humedad (%)	:	0.62	Contenido de Humedad (%) : 0.30		
Módulo de Finura	:	3.71	Módulo de Finura : 6.75		
CEMENTO		Tamaño máximo Nominal (Pulg.)			
Norma	:	NTP 334.009-2013	:	1/2"	
Tipo de Cemento	:	Pacasmayo Tipo I	Perfil del Agregado	:	Angular
AGUA		ADITIVO/ADICIÓN			
Norma	:	NTP 334.088-2006	Peso específico de masa (gr/cm ³)	:	
Peso Específico (gr/cm ³)	:	1.00	Absorción (%)	:	
			Contenido de Humedad (%)	:	
DISEÑO DE MEZCLA					
Selección del Asentamiento	Tipo de consistencia :		Plástica		
Tipo de Concreto a diseñar	Asentamiento :		3" - 4"		
Volumen unitario de Agua	Concreto sin Aire Incorporado				
Contenido de aire total	216.00 lt/m ³				
Relación Agua / Cemento	2.50 %				
Factor cemento	0.576				
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta :	Factor Cemento	:	375.00 Kg/m ³		
	Factor Cemento	:	8.82 Bolsas/m ³		
	Cemento	:	0.120 m ³		
	Agua	:	0.216 m ³		
	Aire	:	0.025 m ³		
Volumen absolutos de los Agregados.	Suma de Volúmenes	:	0.361 m ³		
Módulo de finura de la Combinación de Agregados	Volumen absoluto	:	0.639 m ³		
	Contenido de Cemento	:	8.8 Bolsas/m ³		
	TMN	:	1/2"		
Agregado Fino en relación al volumen absoluto total de Agregado.	MFC	:	4.58		
Volúmenes absolutos de los Agregados.	Porcentaje de Agregado Fino	:	71.51 %		
	Agregado Fino	:	0.457 m ³		
	Agregado Grueso	:	0.182 m ³		
Peso Seco de los Agregados.	Agregado Fino	:	1196.90 Kg/m ³		
	Agregado Grueso	:	469.50 Kg/m ³		
Cantidad de materiales calculados por el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados a ser empleados como valores de Diseño.	Cemento	:	375.00 Kg/m ³		
	Agua de diseño	:	216.00 lt/m ³		
	Agregado Fino seco	:	1196.90 Kg/m ³		
	Agregado Grueso seco	:	469.50 Kg/m ³		
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento	:	42.50 Kg/bls		
	Agua de diseño	:	24.48 lt/bls		
	Agregado Fino seco	:	135.65 Kg/bls		
	Agregado Grueso seco	:	53.21 Kg/bls		
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por humedad del agregado	Cemento	:	1		
	Agregado fino seco	:	3.19		
	Agregado grueso seco	:	1.25		
	Agua de Diseño	:	24.5 lt/bls		

Tabla N° 39: Corrección por contenido de humedad de los agregados para la preparación de especímenes de prueba

TESIS : ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE MEZCLAS CON ADHESIVO EPOXICO	
TESISTA : Bach. Ing. Civil Bettsy Danicsa Maza Idrogo	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO	
Fecha de Corrección : Miércoles 18 de junio del 2014	
Realizado por : Bach. Ing. Civil Bettsy Danicsa Maza Idrogo	
Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC	
CORRECCIÓN A PARTIR DE LOS VALORES DE DISEÑO	
Cantera de donde se extraen los materiales : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE - RIO CHONTA	
Materiales de Diseño	Cemento : 375.00 Kg/m ³
	Agua de diseño : 216.00 lt/m ³
	Agregado Fino seco : 1196.90 Kg/m ³
	Agregado Gueso seco : 469.50 Kg/m ³
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 0.62 %
	Agregado Gueso : 0.30 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.68 %
	Agregado Gueso : 0.75 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino : 1204.30 Kg/m ³
	Agregado Gueso : 470.90 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : -1.06 %
	Agregado Gueso : -0.45 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : -12.70 lt/m ³
	Agregado Gueso : -2.10 lt/m ³
	Aporte Total : -14.80 lt/m ³
Agua Efectiva	Agua Efectiva : 230.80 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m³	Cemento : 375.00 Kg/m ³
	Agua Efectiva : 230.80 lt/m ³
	Agregado Fino Húmedo : 1204.30 Kg/m ³
	Agregado Gueso Húmedo : 470.90 Kg/m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva	: 0.62
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento : 42.5 Kg/bls
	Agua Efectiva : 26.2 lt/bls
	Agregado fino húmedo : 136.5 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo : 53.4 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento : 1
	Agregado fino húmedo : 3.21
	Agregado grueso húmedo : 1.26
	Agua Efectiva : 26.16 lt / saco

Tabla N° 40: Corrección por agua adicional, apariencia, asentamiento y contenido de aire de los agregados

TESIS : ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE MEZCLAS CON ADHESIVO EPOXICO TESISTA : Bach. Ing. Civil Bettsy Danicsa Maza Idrogo	
CORRECCIÓN POR APARIENCIA, ASENTAMIENTO, AGUA ADICIONAL Y CONTENIDO DE AIRE	
Fecha de Corrección : Jueves 19 de junio del 2014 Realizado por : Bach. Ing. Civil Bettsy Danicsa Maza Idrogo Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC	
CORRECCIÓN A PARTIR DE LOS VALORES DE OBTENIDOS	
Cantera de donde se extraen los materiales : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE - RIO CHONTA	
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 0.62 %
	Agregado Grueso : 0.30 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.68 %
	Agregado Grueso : 0.75 %
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : -1.06 %
	Agregado Grueso : -0.45 %
Materiales de diseño por tanda (0.02 m3)	Cemento : 7.50 Kg/tanda
	Agua de diseño : 4.32 lt/tanda
	Agregado Fino seco : 23.94 Kg/tanda
	Agregado Grueso seco : 9.39 Kg/tanda
Materiales corregidos por humedad por tanda (0.02 m3)	Cemento : 7.50 Kg/tanda
	Agua Efectiva : 4.62 lt/tanda
	Agregado fino húmedo : 24.09 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo : 9.42 Kg/tanda
Datos obtenidos en laboratorio	Apariencia : Sobregavosa
	Asentamiento : 3.00 cm
	Agua adicional : 0.00 cm ³
	Contenido de Aire : 1.76 %
	Peso Unitario del Concreto : 2275.00 Kg/m ³
Tanda de mezclado	Cemento : 7.50 Kg/tanda
	Agua Añadida : 4.62 lt/tanda
	Agregado fino húmedo : 24.09 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo : 9.42 Kg/tanda
	Peso de la Tanda : 45.62 Kg/tanda
Rendimiento	Rendimiento de la tanda : 0.020053 m ³ /tanda
Agua de mezclado por tanda	Aporte del Agregado Fino : -0.25 lt/tanda
	Aporte del Agregado Grueso : -0.04 lt/tanda
	Agua Añadida : 4.62 lt/tanda
	Agua de mezclado por tanda : 4.33 lt/tanda
Agua de mezclado por m3, corrección por agua adicional	Agua de mezclado por m3 : 215.73 lt/m3
Corrección por asentamiento (Incremento de 2 lt por cada incremento de 1 cm en asentamiento)	Asentamiento deseado : 9.00 cm
	Asentamiento obtenido : 3.00 cm
	Incrementar asentamiento en : 6.00 cm
	Incrementar el agua de mezcla en : 12.00 lt/m ³
Agua de mezclado por m3, corrección por asentamiento	Agua de mezclado por m3 : 227.73 lt/m3
Corrección por contenido de aire (Incremento de 3 lt por cada disminución de 1 % en el contenido de aire)	Contenido de aire deseado : 2.50 %
	Contenido de aire obtenido : 1.76 %
	Incrementar el contenido de aire en : 0.74 %
	Disminuir el agua de mezcla en : -2.22 lt/m ³
Agua de mezclado por m3, corrección por contenido de aire	Agua de mezclado por m3 : 225.51 lt/m3
Peso del agregado grueso (Método ACI 211)	b/bo : 0.46
	bo : 1548.00 kg/m ³
	b : 712.08 kg
Corrección por apariencia de la mezcla (Método ACI 211)	Agua de diseño : 0.2255 m ³
	Cemento : 0.1255 m ³
	Aire atrapado : 0.0250 m ³
	Agregado grueso : 0.2760 m ³
	Agregado fino : 0.3480 m ³
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño : 225.50 lt/m ³
	Cemento : 391.56 Kg/m ³
	Agregado grueso : 712.08 Kg/m ³
	Agregado fino : 911.76 Kg/m ³
	Aire atrapado : 2.50 %

Tabla N° 41: Diseño base luego de efectuadas todas las correcciones

TESIS : ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE MEZCLAS CON ADHESIVO EPOXICO	
TESISTA : Bach. Ing. Civil Betsy Danicsa Maza Idrogo	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO YA CORREGIDOS POR RESISTENCIA	
Fecha de Corrección : Viernes 27 de junio del 2014	
Realizado por : Bach. Ing. Civil Betsy Danicsa Maza Idrogo	
Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC	
CORRECCIÓN A PARTIR DE LOS VALORES DE OBTENIDOS	
Cantera de donde se extraen los materiales : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE - RIO CHONTA	
Materiales de Diseño	Cemento : 391.56 Kg/m3
	Agua de diseño : 225.50 lt/m3
	Agregado Fino seco : 911.76 Kg/m3
	Agregado Gueso seco : 712.08 Kg/m3
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 0.60 %
	Agregado Gueso : 0.50 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.68 %
	Agregado Gueso : 0.75 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino : 917.20 Kg/m3
	Agregado Gueso : 715.60 Kg/m3
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : -1.08 %
	Agregado Gueso : -0.25 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : -9.80 lt/m3
	Agregado Gueso : -1.80 lt/m3
	Aporte Total : -11.60 lt/m3
Agua Efectiva	Agua Efectiva : 237.10 lt/m3
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m3	Cemento : 391.56 Kg/m3
	Agua Efectiva : 237.10 lt/m3
	Agregado Fino Húmedo : 917.20 Kg/m3
	Agregado Gueso Húmedo : 715.60 Kg/m3
Relación Agua / Cemento Efectiva	: 0.61
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento : 42.5 Kg/bls
	Agua Efectiva : 25.7 lt/bls
	Agregado fino húmedo : 99.6 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo : 77.7 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento : 1
	Agregado fino húmedo : 2.34
	Agregado grueso húmedo : 1.83
	Agua Efectiva : 25.7 lt / saco
Proporción en volumen de obra de los materiales componentes del concreto.	Cemento : 1
	Agregado fino : 2.26
	Agregado grueso : 1.98
	Agua Efectiva : 25.7 lt / saco

7.7. ANEXO VI: PANEL FOTOGRÁFICO



Imagen N° 20: Ensayos de granulometría del agregado

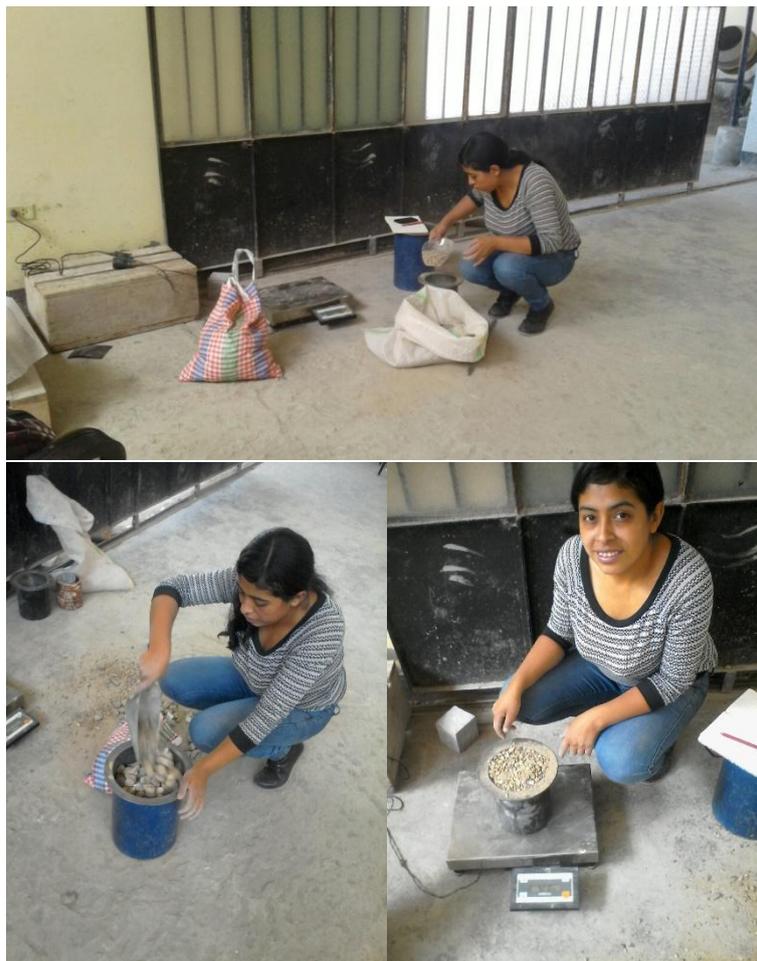


Imagen N° 21: Ensayos de densidad de masa del agregado



Imagen N° 22: Saturación de agregados para ensayos de densidad



Imagen N° 23: Maquina para ensayos a compresión y tracción de probetas



Imagen N° 24: Ensayos a compresión de probetas sin adhesivo epóxico



Imagen N° 25: Ensayos a compresión de probetas con Chema epox Adhesivo 32



Imagen N° 26: Ensayos a compresión de probetas con Sikadur 32 Gel



Imagen N° 27: Ensayos a Tracción de probetas sin adhesivo epóxico



Imagen N° 28: Ensayos a tracción de probetas con Chema epox Adhesivo 32

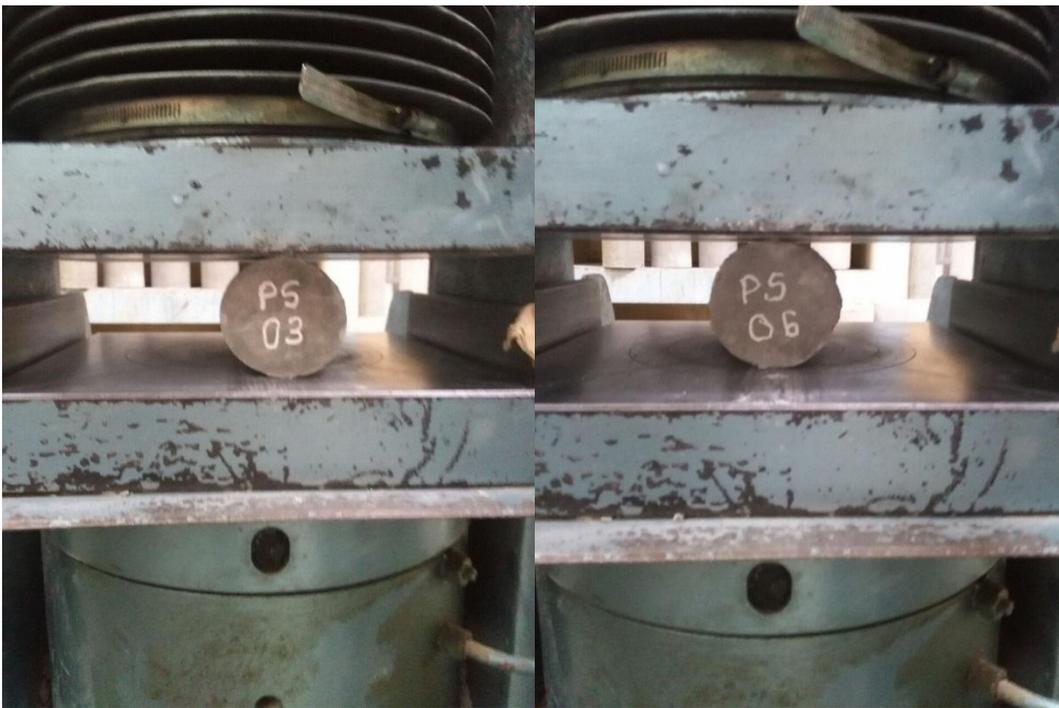


Imagen N° 29: Ensayos a tracción de probetas con Sikadur 32 Gel

7.8. ANEXO VII: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS

Tabla N° 42: Probetas Estándar ensayadas a compresión a los 28 días (a)

DATOS DE LOS ESPECIMENES								
NOMENCLATURA	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07	P-08
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS
DIÁMETRO PROMEDIO	76 mm	78 mm	77 mm	76 mm	77 mm	77 mm	77 mm	76 mm
ALTO PROMEDIO	155 mm	153 mm	155 mm	154 mm	153 mm	154 mm	152 mm	152 mm
PESO	16.40 N	16.00 N	16.45 N	16.20 N	15.90 N	16.45 N	15.95 N	15.90 N
PESO UNITARIO	2377.53 kg/m ³	2230.90 kg/m ³	2323.24 kg/m ³	2363.79 kg/m ³	2274.92 kg/m ³	2338.32 kg/m ³	2297.08 kg/m ³	2350.54 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	11500.00 N	14250.00 N	9000.00 N	10000.00 N	12500.00 N	12000.00 N	10000.00 N	13500.00 N
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	2.60 MPa	3.00 MPa	2.00 MPa	2.30 MPa	2.70 MPa	2.60 MPa	2.20 MPa	3.00 MPa
RESISTENCIA AL 40% DE COMP.	1.04 MPa	1.20 MPa	0.80 MPa	0.92 MPa	1.08 MPa	1.04 MPa	0.88 MPa	1.20 MPa
DEFORMACIÓN BASE	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
DEFORMACIÓN AL 40% DE COMP.	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)
MÓD. DE ELASTICIDAD (ACI-318)	8037.93 MPa	7847.83 MPa	6809.64 MPa	7494.54 MPa	7666.52 MPa	7839.93 MPa	7021.74 MPa	8487.51 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	1.41 mín.	1.49 mín.	1.13 mín.	1.06 mín.	1.33 mín.	1.57 mín.	0.87 mín.	1.53 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	1.84 MPa/mín.	2.01 MPa/mín.	1.77 MPa/mín.	2.17 MPa/mín.	2.03 MPa/mín.	1.66 MPa/mín.	2.53 MPa/mín.	1.96 MPa/mín.
MODO DE FALLA	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO

Tabla N° 43: Probetas Estándar ensayadas a compresión a los 28 días (b)

DATOS DE LOS ESPECIMENES								PROMEDIO
NOMENCLATURA	P-09	P-10	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15	---
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
DIÁMETRO PROMEDIO	77 mm	76 mm	76 mm	76 mm	77 mm	77 mm	77 mm	---
ALTO PROMEDIO	154 mm	154 mm	152 mm	153 mm	155 mm	154 mm	153 mm	---
PESO	16.25 N	16.20 N	16.00 N	16.05 N	16.40 N	16.35 N	16.15 N	---
PESO UNITARIO	2309.90 kg/m ³	2363.79 kg/m ³	2365.32 kg/m ³	2357.21 kg/m ³	2316.18 kg/m ³	2324.11 kg/m ³	2310.69 kg/m ³	2325.21 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	8000.00 N	12000.00 N	14000.00 N	8500.00 N	8000.00 N	8500.00 N	14000.00 N	10875.00 N
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	1.80 MPa	2.70 MPa	3.10 MPa	1.90 MPa	1.80 MPa	1.90 MPa	3.10 MPa	2.41 MPa
RESISTENCIA AL 40% DE COMP.	0.72 MPa	1.08 MPa	1.24 MPa	0.76 MPa	0.72 MPa	0.76 MPa	1.24 MPa	0.96 MPa
DEFORMACIÓN BASE	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
DEFORMACIÓN AL 40% DE COMP.	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)
MÓD. DE ELASTICIDAD (ACI-318)	6404.62 MPa	8120.12 MPa	8709.33 MPa	6783.31 MPa	6430.76 MPa	6640.95 MPa	8409.31 MPa	7444.04 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	1.14 mín.	1.04 mín.	1.78 mín.	1.14 mín.	0.96 mín.	0.85 mín.	1.21 mín.	1.21 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	1.58 MPa/mín.	2.60 MPa/mín.	1.74 MPa/mín.	1.67 MPa/mín.	1.88 MPa/mín.	2.24 MPa/mín.	2.56 MPa/mín.	2.02 MPa/mín.
MODO DE FALLA	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	---
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 44: Probetas Estándar ensayadas a tracción a los 28 días (a)

DATOS DE LAS PROBETAS								
NOMENCLATURA	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07	P-08
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS
DIÁMETRO PROMEDIO	77 mm							
ALTO PROMEDIO	152 mm	153 mm	153 mm	154 mm	149 mm	150 mm	153 mm	153 mm
PESO	16.05 N	15.95 N	16.05 N	16.45 N	15.80 N	15.70 N	16.15 N	16.20 N
PESO UNITARIO	2311.49 kg/m ³	2282.07 kg/m ³	2296.38 kg/m ³	2338.32 kg/m ³	2321.30 kg/m ³	2291.23 kg/m ³	2310.69 kg/m ³	2317.84 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	58860.00 N	68670.00 N	63765.00 N	58860.00 N	63765.00 N	63765.00 N	49050.00 N	53955.00 N
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	3.25 MPa	3.75 MPa	3.45 MPa	3.20 MPa	3.55 MPa	3.55 MPa	2.70 MPa	2.95 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.37 mín.	0.37 mín.	0.38 mín.	0.34 mín.	0.34 mín.	0.36 mín.	0.27 mín.	0.31 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	8.78 MPa/mín.	10.14 MPa/mín.	9.08 MPa/mín.	9.41 MPa/mín.	10.44 MPa/mín.	9.86 MPa/mín.	10.00 MPa/mín.	9.52 MPa/mín.
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO

Tabla N° 45: Probetas Estándar ensayadas a tracción a los 28 días (b)

DATOS DE LAS PROBETAS								PROMEDIO
NOMENCLATURA	P-09	P-10	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15	---
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
DIÁMETRO PROMEDIO	77 mm	---						
ALTO PROMEDIO	152 mm	154 mm	153 mm	152 mm	153 mm	153 mm	151 mm	---
PESO	16.05 N	16.30 N	16.35 N	16.05 N	16.10 N	15.85 N	15.95 N	---
PESO UNITARIO	2311.49 kg/m ³	2317.00 kg/m ³	2339.30 kg/m ³	2311.49 kg/m ³	2303.53 kg/m ³	2267.76 kg/m ³	2312.30 kg/m ³	2308.81 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	49050.00 N	51502.50 N	63765.00 N	63765.00 N	58860.00 N	49050.00 N	58860.00 N	58369.50 N
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	2.70 MPa	2.80 MPa	3.45 MPa	3.50 MPa	3.20 MPa	2.70 MPa	3.25 MPa	3.20 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.27 mín.	0.39 mín.	0.33 mín.	0.33 mín.	0.36 mín.	0.36 mín.	0.27 mín.	0.34 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	10.00 MPa/mín.	7.18 MPa/mín.	10.45 MPa/mín.	10.61 MPa/mín.	8.89 MPa/mín.	7.50 MPa/mín.	12.04 MPa/mín.	9.59 MPa/mín.
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 46: Probetas sin adhesivo ensayadas a compresión a los 28 días (a)

DATOS DE LOS ESPECIMENES								
NOMENCLATURA	PN-01	PN-02	PN-03	PN-04	PN-05	PN-06	PN-07	PN-08
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS
DIÁMETRO PROMEDIO	78 mm	78 mm	77 mm	78 mm	78 mm	78 mm	78 mm	78 mm
ALTO PROMEDIO	151 mm	154 mm	155 mm	153 mm	154 mm	152 mm	152 mm	154 mm
PESO	16.55 N	16.35 N	16.35 N	16.25 N	16.60 N	16.10 N	16.25 N	16.25 N
PESO UNITARIO	2338.15 kg/m ³	2264.90 kg/m ³	2309.12 kg/m ³	2265.76 kg/m ³	2299.53 kg/m ³	2259.61 kg/m ³	2280.67 kg/m ³	2251.05 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	3250.00 N	3000.00 N	5000.00 N	4250.00 N	3750.00 N	3500.00 N	4000.00 N	4000.00 N
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	0.70 MPa	0.70 MPa	1.10 MPa	0.90 MPa	0.80 MPa	0.80 MPa	0.90 MPa	0.90 MPa
RESISTENCIA AL 40% DE COMP.	0.28 MPa	0.28 MPa	0.44 MPa	0.36 MPa	0.32 MPa	0.32 MPa	0.36 MPa	0.36 MPa
DEFORMACIÓN BASE	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
DEFORMACIÓN AL 40% DE COMP.	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)
MÓD. DE ELASTICIDAD (ACI-318)	4067.49 MPa	3877.85 MPa	5004.19 MPa	4399.57 MPa	4241.04 MPa	4131.09 MPa	4443.06 MPa	4356.79 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.34 mín.	0.34 mín.	0.24 mín.	0.34 mín.	0.30 mín.	0.27 mín.	0.30 mín.	0.38 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	2.06 MPa/mín.	2.06 MPa/mín.	4.58 MPa/mín.	2.65 MPa/mín.	2.67 MPa/mín.	2.96 MPa/mín.	3.00 MPa/mín.	2.37 MPa/mín.
MODO DE FALLA	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO

Tabla N° 47: Probetas sin adhesivo ensayadas a compresión a los 28 días (b)

DATOS DE LOS ESPECIMENES								PROMEDIO
NOMENCLATURA	PN-09	PN-10	PN-11	PN-12	PN-13	PN-14	PN-15	---
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
DIÁMETRO PROMEDIO	81 mm	77 mm	78 mm	79 mm	78 mm	77 mm	79 mm	---
ALTO PROMEDIO	153 mm	152 mm	152 mm	151 mm	153 mm	152 mm	152 mm	---
PESO	17.80 N	16.15 N	16.40 N	15.80 N	16.00 N	16.50 N	17.00 N	---
PESO UNITARIO	2301.44 kg/m ³	2325.89 kg/m ³	2301.72 kg/m ³	2176.04 kg/m ³	2230.90 kg/m ³	2376.29 kg/m ³	2325.91 kg/m ³	2289.71 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	5000.00 N	4250.00 N	4000.00 N	3900.00 N	3800.00 N	4000.00 N	3900.00 N	3971.43 N
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	1.00 MPa	1.00 MPa	0.90 MPa	0.80 MPa	0.80 MPa	0.90 MPa	0.80 MPa	0.86 MPa
RESISTENCIA AL 40% DE COMP.	0.40 MPa	0.40 MPa	0.36 MPa	0.32 MPa	0.32 MPa	0.36 MPa	0.32 MPa	0.35 MPa
DEFORMACIÓN BASE	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
DEFORMACIÓN AL 40% DE COMP.	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)
MÓD. DE ELASTICIDAD (ACI-318)	4747.53 MPa	4823.38 MPa	4504.72 MPa	3904.04 MPa	4052.60 MPa	4725.41 MPa	4314.22 MPa	4374.01 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.35 mín.	0.32 mín.	0.32 mín.	0.32 mín.	0.34 mín.	0.33 mín.	0.32 mín.	0.32 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	2.86 MPa/mín.	3.13 MPa/mín.	2.81 MPa/mín.	2.50 MPa/mín.	2.35 MPa/mín.	2.73 MPa/mín.	2.50 MPa/mín.	2.78 MPa/mín.
MODO DE FALLA	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	---
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 48: Probetas sin adhesivo ensayadas a tracción a los 28 días (a)

DATOS DE LAS PROBETAS								
NOMENCLATURA	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07	P-08
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS
DIÁMETRO PROMEDIO	77 mm	77 mm	78 mm	77 mm	78 mm	79 mm	79 mm	80 mm
ALTO PROMEDIO	154 mm	154 mm	153 mm	153 mm	154 mm	154 mm	152 mm	154 mm
PESO	16.10 N	16.40 N	16.20 N	16.40 N	16.70 N	16.50 N	16.75 N	16.30 N
PESO UNITARIO	2288.57 kg/m ³	2331.22 kg/m ³	2258.79 kg/m ³	2346.45 kg/m ³	2313.38 kg/m ³	2228.18 kg/m ³	2291.70 kg/m ³	2146.49 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	44145.00 N	44145.00 N	58860.00 N	44145.00 N	49050.00 N	44145.00 N	53955.00 N	49050.00 N
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	2.40 MPa	2.40 MPa	3.15 MPa	2.40 MPa	2.60 MPa	2.35 MPa	2.90 MPa	2.55 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.37 mín.	0.35 mín.	0.31 mín.	0.28 mín.	0.30 mín.	0.31 mín.	0.39 mín.	0.33 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	6.49 MPa/mín.	6.86 MPa/mín.	10.16 MPa/mín.	8.57 MPa/mín.	8.67 MPa/mín.	7.58 MPa/mín.	7.44 MPa/mín.	7.73 MPa/mín.
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO

Tabla N° 49: Probetas sin adhesivo ensayadas a tracción a los 28 días (b)

DATOS DE LAS PROBETAS								PROMEDIO
NOMENCLATURA	P-09	P-10	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15	---
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
DIÁMETRO PROMEDIO	81 mm	77 mm	78 mm	79 mm	78 mm	80 mm	78 mm	---
ALTO PROMEDIO	146 mm	153 mm	152 mm	153 mm	153 mm	154 mm	153 mm	---
PESO	17.20 N	16.20 N	16.50 N	16.30 N	16.60 N	16.20 N	16.30 N	---
PESO UNITARIO	2330.49 kg/m ³	2317.84 kg/m ³	2315.75 kg/m ³	2215.56 kg/m ³	2314.56 kg/m ³	2133.32 kg/m ³	2272.73 kg/m ³	2273.67 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	58860.00 N	34335.00 N	49050.00 N	49050.00 N	39240.00 N	53955.00 N	44145.00 N	47742.00 N
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	3.20 MPa	1.90 MPa	2.65 MPa	2.60 MPa	2.10 MPa	2.80 MPa	2.40 MPa	2.56 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.41 mín.	0.31 mín.	0.34 mín.	0.32 mín.	0.35 mín.	0.31 mín.	0.34 mín.	0.33 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	7.80 MPa/mín.	6.13 MPa/mín.	7.79 MPa/mín.	8.13 MPa/mín.	6.00 MPa/mín.	9.03 MPa/mín.	7.06 MPa/mín.	7.70 MPa/mín.
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 50: Probetas con Chema Epox Adhesivo 32 ensayadas a compresión a los 28 días (a)

DATOS DE LOS ESPECIMENES								
NOMENCLATURA	PN-01	PN-02	PN-03	PN-04	PN-05	PN-06	PN-07	PN-08
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS
DIÁMETRO PROMEDIO	77 mm	78 mm	78 mm	78 mm	78 mm	77 mm	77 mm	77 mm
ALTO PROMEDIO	151 mm	153 mm	156 mm	155 mm	154 mm	154 mm	154 mm	152 mm
PESO	15.80 N	16.10 N	16.70 N	16.40 N	16.20 N	16.10 N	16.35 N	16.10 N
PESO UNITARIO	2290.55 kg/m ³	2244.84 kg/m ³	2283.72 kg/m ³	2257.17 kg/m ³	2244.12 kg/m ³	2288.57 kg/m ³	2324.11 kg/m ³	2318.69 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	8500.00 N	6000.00 N	8500.00 N	5000.00 N	5000.00 N	6000.00 N	6000.00 N	7000.00 N
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	1.90 MPa	1.30 MPa	1.80 MPa	1.10 MPa	1.10 MPa	1.30 MPa	1.30 MPa	1.60 MPa
RESISTENCIA AL 40% DE COMP.	0.76 MPa	0.52 MPa	0.72 MPa	0.44 MPa	0.44 MPa	0.52 MPa	0.52 MPa	0.64 MPa
DEFORMACIÓN BASE	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
DEFORMACIÓN AL 40% DE COMP.	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)
MÓD. DE ELASTICIDAD (ACI-318)	6497.63 MPa	5214.58 MPa	6296.08 MPa	4836.27 MPa	4794.40 MPa	5367.69 MPa	5493.20 MPa	6072.83 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.35 mín.	0.38 mín.	0.35 mín.	0.27 mín.	0.38 mín.	0.36 mín.	0.36 mín.	0.35 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	5.43 MPa/mín.	3.42 MPa/mín.	5.14 MPa/mín.	4.07 MPa/mín.	2.89 MPa/mín.	3.61 MPa/mín.	3.61 MPa/mín.	4.57 MPa/mín.
MODO DE FALLA	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO

Tabla N° 51: Probetas con Chema Epox Adhesivo 32 ensayadas a compresión a los 28 días (b)

DATOS DE LOS ESPECIMENES								PROMEDIO
NOMENCLATURA	PN-09	PN-10	PN-11	PN-12	PN-13	PN-14	PN-15	---
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
DIÁMETRO PROMEDIO	77 mm	78 mm	78 mm	77 mm	77 mm	76 mm	77 mm	---
ALTO PROMEDIO	154 mm	156 mm	153 mm	152 mm	152 mm	151 mm	152 mm	---
PESO	16.25 N	16.65 N	16.30 N	16.50 N	16.60 N	16.30 N	16.20 N	---
PESO UNITARIO	2309.90 kg/m ³	2276.89 kg/m ³	2272.73 kg/m ³	2376.29 kg/m ³	2390.69 kg/m ³	2425.63 kg/m ³	2333.09 kg/m ³	2308.45 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	6500.00 N	5000.00 N	6000.00 N	5500.00 N	6000.00 N	5000.00 N	6500.00 N	6107.14 N
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	1.40 MPa	1.10 MPa	1.30 MPa	1.20 MPa	1.30 MPa	1.20 MPa	1.40 MPa	1.34 MPa
RESISTENCIA AL 40% DE COMP.	0.56 MPa	0.44 MPa	0.52 MPa	0.48 MPa	0.52 MPa	0.48 MPa	0.56 MPa	0.53 MPa
DEFORMACIÓN BASE	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
DEFORMACIÓN AL 40% DE COMP.	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)
MÓD. DE ELASTICIDAD (ACI-318)	5648.34 MPa	4899.79 MPa	5312.05 MPa	5456.44 MPa	5730.95 MPa	5627.25 MPa	5733.62 MPa	5493.45 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.48 mín.	0.36 mín.	0.41 mín.	0.41 mín.	0.37 mín.	0.34 mín.	0.39 mín.	0.37 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	2.92 MPa/mín.	3.06 MPa/mín.	3.17 MPa/mín.	2.93 MPa/mín.	3.51 MPa/mín.	3.53 MPa/mín.	3.59 MPa/mín.	3.63 MPa/mín.
MODO DE FALLA	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	---
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 52: Probetas con Chema Epox Adhesivo 32 ensayadas a tracción a los 28 días (a)

DATOS DE LAS PROBETAS								
NOMENCLATURA	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07	P-08
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS
DIÁMETRO PROMEDIO	77 mm	78 mm	79 mm	78 mm				
ALTO PROMEDIO	154 mm	155 mm	152 mm	153 mm	149 mm	154 mm	154 mm	150 mm
PESO	16.45 N	16.60 N	16.35 N	16.50 N	16.00 N	16.35 N	16.50 N	15.95 N
PESO UNITARIO	2338.32 kg/m ³	2284.70 kg/m ³	2294.70 kg/m ³	2300.62 kg/m ³	2290.79 kg/m ³	2264.90 kg/m ³	2228.18 kg/m ³	2268.41 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	61312.50 N	53955.00 N	49050.00 N	53955.00 N	61312.50 N	49050.00 N	49050.00 N	44145.00 N
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	3.30 MPa	2.85 MPa	2.65 MPa	2.90 MPa	3.40 MPa	2.60 MPa	2.60 MPa	2.45 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.28 mín.	0.32 mín.	0.36 mín.	0.32 mín.	0.43 mín.	0.40 mín.	0.29 mín.	0.26 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	11.79 MPa/mín.	8.91 MPa/mín.	7.36 MPa/mín.	9.06 MPa/mín.	7.91 MPa/mín.	6.50 MPa/mín.	8.97 MPa/mín.	9.42 MPa/mín.
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO

Tabla N° 53: Probetas con Chema Epox Adhesivo 32 ensayadas a tracción a los 28 días (b)

DATOS DE LAS PROBETAS								PROMEDIO
NOMENCLATURA	P-09	P-10	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15	---
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
DIÁMETRO PROMEDIO	78 mm	78 mm	78 mm	79 mm	77 mm	79 mm	78 mm	---
ALTO PROMEDIO	154 mm	153 mm	152 mm	153 mm	153 mm	152 mm	153 mm	---
PESO	16.55 N	16.25 N	16.40 N	16.50 N	16.20 N	16.40 N	16.30 N	---
PESO UNITARIO	2292.60 kg/m ³	2265.76 kg/m ³	2301.72 kg/m ³	2242.74 kg/m ³	2317.84 kg/m ³	2243.82 kg/m ³	2272.73 kg/m ³	2280.52 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	44145.00 N	44145.00 N	49050.00 N	44145.00 N	49050.00 N	53955.00 N	49050.00 N	50358.00 N
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	2.35 MPa	2.40 MPa	2.65 MPa	2.35 MPa	2.70 MPa	2.90 MPa	2.65 MPa	2.72 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.28 mín.	0.29 mín.	0.38 mín.	0.35 mín.	0.37 mín.	0.43 mín.	0.35 mín.	0.34 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	8.39 MPa/mín.	8.28 MPa/mín.	6.97 MPa/mín.	6.71 MPa/mín.	7.30 MPa/mín.	6.74 MPa/mín.	7.57 MPa/mín.	8.13 MPa/mín.
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 54: Probetas con Sikadur 32 Gel ensayadas a compresión a los 28 días (a)

DATOS DE LOS ESPECIMENES								
NOMENCLATURA	PN-01	PN-02	PN-03	PN-04	PN-05	PN-06	PN-07	PN-08
EDAD	28 DÍAS							
DIÁMETRO PROMEDIO	78 mm	78 mm	78 mm	78 mm	77 mm	78 mm	78 mm	78 mm
ALTO PROMEDIO	155 mm	152 mm	152 mm	154 mm	153 mm	155 mm	150 mm	155 mm
PESO	16.55 N	16.15 N	16.05 N	16.55 N	16.20 N	16.15 N	15.85 N	16.65 N
PESO UNITARIO	2277.81 kg/m ³	2266.63 kg/m ³	2252.60 kg/m ³	2292.60 kg/m ³	2317.84 kg/m ³	2222.76 kg/m ³	2254.19 kg/m ³	2291.58 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	4500.00 N	4750.00 N	4000.00 N	4250.00 N				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	1.00 MPa	1.00 MPa	0.90 MPa					
RESISTENCIA AL 40% DE COMP.	0.40 MPa	0.40 MPa	0.36 MPa					
DEFORMACIÓN BASE	0.050 E(-3)							
DEFORMACIÓN AL 40% DE COMP.	6.458 E(-3)							
MÓD. DE ELASTICIDAD (ACI-318)	4674.61 MPa	4640.23 MPa	4361.29 MPa	4477.99 MPa	4552.13 MPa	4274.93 MPa	4365.91 MPa	4474.98 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.33 mín.	0.33 mín.	0.18 mín.	0.27 mín.	0.23 mín.	0.30 mín.	0.27 mín.	0.32 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	3.03 MPa/mín.	3.03 MPa/mín.	5.00 MPa/mín.	3.33 MPa/mín.	3.91 MPa/mín.	3.00 MPa/mín.	3.33 MPa/mín.	2.81 MPa/mín.
MODO DE FALLA	FRÁGIL							
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO							

Tabla N° 55: Probetas con Sikadur 32 Gel ensayadas a compresión a los 28 días (b)

DATOS DE LOS ESPECIMENES								PROMEDIO
NOMENCLATURA	PN-09	PN-10	PN-11	PN-12	PN-13	PN-14	PN-15	---
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
DIÁMETRO PROMEDIO	78 mm	78 mm	78 mm	77 mm	79 mm	78 mm	77 mm	---
ALTO PROMEDIO	154 mm	154 mm	153 mm	155 mm	154 mm	154 mm	152 mm	---
PESO	16.25 N	16.40 N	16.50 N	16.30 N	16.50 N	16.60 N	16.40 N	---
PESO UNITARIO	2251.05 kg/m ³	2271.83 kg/m ³	2300.62 kg/m ³	2302.05 kg/m ³	2228.18 kg/m ³	2299.53 kg/m ³	2361.89 kg/m ³	2278.54 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	3500.00 N	5000.00 N	4500.00 N	4000.00 N	4000.00 N	4500.00 N	4000.00 N	4196.43 N
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	0.80 MPa	1.10 MPa	1.00 MPa	0.90 MPa	0.90 MPa	1.00 MPa	0.90 MPa	0.94 MPa
RESISTENCIA AL 40% DE COMP.	0.32 MPa	0.44 MPa	0.40 MPa	0.36 MPa	0.36 MPa	0.40 MPa	0.36 MPa	0.37 MPa
DEFORMACIÓN BASE	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
DEFORMACIÓN AL 40% DE COMP.	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)	6.458 E(-3)
MÓD. DE ELASTICIDAD (ACI-318)	4107.62 MPa	4883.46 MPa	4744.99 MPa	4505.71 MPa	4290.57 MPa	4741.63 MPa	4682.52 MPa	4521.68 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.20 mín.	0.30 mín.	0.30 mín.	0.33 mín.	0.31 mín.	0.30 mín.	0.27 mín.	0.28 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	4.00 MPa/mín.	3.67 MPa/mín.	3.33 MPa/mín.	2.73 MPa/mín.	2.90 MPa/mín.	3.33 MPa/mín.	3.33 MPa/mín.	3.42 MPa/mín.
MODO DE FALLA	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	---
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 56: Probetas con Sikadur 32 Gel ensayadas a tracción a los 28 días (a)

DATOS DE LAS PROBETAS								
NOMENCLATURA	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06	P-07	P-08
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS
DIÁMETRO PROMEDIO	78 mm	78 mm	78 mm	77 mm	78 mm	79 mm	77 mm	80 mm
ALTO PROMEDIO	153 mm	154 mm	153 mm	154 mm	153 mm	155 mm	154 mm	154 mm
PESO	16.30 N	16.35 N	16.15 N	16.20 N	16.30 N	16.55 N	15.95 N	17.00 N
PESO UNITARIO	2272.73 kg/m ³	2264.90 kg/m ³	2251.82 kg/m ³	2302.79 kg/m ³	2272.73 kg/m ³	2220.51 kg/m ³	2267.25 kg/m ³	2238.67 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	53955.00 N	44145.00 N	44145.00 N	46597.50 N	49050.00 N	63765.00 N	56407.50 N	49050.00 N
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	2.90 MPa	2.35 MPa	2.40 MPa	2.55 MPa	2.65 MPa	3.35 MPa	3.05 MPa	2.55 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.29 mín.	0.28 mín.	0.36 mín.	0.25 mín.	0.31 mín.	0.35 mín.	0.34 mín.	0.32 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	10.00 MPa/mín.	8.39 MPa/mín.	6.67 MPa/mín.	10.20 MPa/mín.	8.55 MPa/mín.	9.57 MPa/mín.	8.97 MPa/mín.	7.97 MPa/mín.
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO

Tabla N° 57: Probetas con Sikadur 32 Gel ensayadas a tracción a los 28 días (a)

DATOS DE LAS PROBETAS								PROMEDIO
NOMENCLATURA	P-09	P-10	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15	---
EDAD	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
DIÁMETRO PROMEDIO	77 mm	77 mm	78 mm	77 mm	78 mm	79 mm	77 mm	---
ALTO PROMEDIO	153 mm	154 mm	153 mm	152 mm	153 mm	154 mm	153 mm	---
PESO	16.20 N	16.30 N	16.40 N	16.50 N	16.70 N	16.40 N	16.30 N	---
PESO UNITARIO	2317.84 kg/m ³	2317.00 kg/m ³	2286.67 kg/m ³	2376.29 kg/m ³	2328.50 kg/m ³	2214.68 kg/m ³	2332.15 kg/m ³	2284.30 kg/m ³
CARGA MÁXIMA DE ROTURA	63765.00 N	53955.00 N	58860.00 N	63765.00 N	53955.00 N	58860.00 N	49050.00 N	53955.00 N
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	3.45 MPa	2.90 MPa	3.15 MPa	3.50 MPa	2.90 MPa	3.10 MPa	2.70 MPa	2.90 MPa
TIEMPO DE ENSAYO	0.34 mín.	0.32 mín.	0.34 mín.	0.35 mín.	0.30 mín.	0.35 mín.	0.30 mín.	0.32 mín.
VELOCIDAD DE ENSAYO	10.15 MPa/mín.	9.06 MPa/mín.	9.26 MPa/mín.	10.00 MPa/mín.	9.67 MPa/mín.	8.86 MPa/mín.	9.00 MPa/mín.	9.09 MPa/mín.
TIPO DE ESPECÍMEN	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---