

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



**“EFECTO DEL MORTERO EPÓXICO EN LA RESISTENCIA DE
CONCRETOS DE DIFERENTE EDAD”**

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

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
DILMER ASTOCHADO MONDRAGÓN**

**ASESOR:
M. EN I. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA**

CAJAMARCA – PERÚ

2017

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de llegar hasta este punto de mi vida, con el cual llego a cumplir uno de mis grandes sueños de ser profesional sueño que lo buscaba cada día de mi vida desde niño, logro que me servirá para mi desarrollo personal tanto social como de manera profesional y servir a mi tierra que me vio nacer y a mi país.

A mi padre que siempre me guía desde el cielo y a mi madre que es el camino de mi vida, a mis hermanos que nunca dejan de apoyarme y a todos mis familiares por darme sus sabios consejos.

A mi asesor M. en I. Héctor A. Pérez Loayza, por su incansable apoyo y calidad humana, quien me guió y compartió siempre sus conocimientos desde el momento que lo conocí y apoyándome en este tramo final para hacer posible la presente investigación.

Al M. Cs. Ing. Mauro A. Centurión Vargas, por apoyarme siempre y ofrecerme su amistad incondicional, mil gracias es usted una enorme persona.

A Giovana Gonzales sin temor a equivocarme una de mis mejores amigas que he conocido, a mis sobrinos gracias por esa confianza y enorme cariño.

A Javier Aquino un gran amigo gracias por apoyarme siempre, a Sander Chilon gracias amigo por tu amistad y apoyo, a Nevel Crisologo gracias por tu amistad y tu fuerza de voluntad que siempre nos brindas, a la señora Iris gracias por su apoyo y sus sabios consejos, a la señora Ibeth, al señor Carlos Alvares gracias por su amistad y apoyo, al señor Juan Villanueva Zumaran, a Italo Vásquez gracias por esa gran amistad y confianza que brindas, a José Soto Irigoín mi amigo de toda la vida, a mi amigo Wayner, a mi amiga Aysa.

A todos los docentes de la facultad de Ingeniería en especial a los docentes de la EAP de Ingeniería Civil de la UNC, quienes contribuyeron con sus conocimientos para mi formación profesional.

Finalmente, a todos mis amigos y compañeros que siempre hemos compartido momentos gratos, pido disculpas por no constar en la presente relación, pero saben muy bien que siempre contarán con mi apoyo, así como vuestro apoyo mil gracias.

¡Gracias totales a todos!

DEDICATORIA

*A Dios por darme la sabiduría y
Poder concluir con la presente
Investigación y darme la oportunidad
De estar junto a mi familia.*

*A mi padre que me guía desde el cielo
A mi madre Nila Mondragón Montero
Con infinita gratitud para ti madre
Eres mi motor y motivo.*

*A mis hermanos, Remigio, Edilberto
Amador, Maribel, gracias por su apoyo
Desde la cuna compartiendo alegrías,
Tristezas, logros y triunfos, ustedes son
Mi emblema y mi escudo.*

*A mis dos grandes amigos quienes
Para mí son parte de mi familia a Jhonny y
Nilton, gracias por su amistad y
Apoyo incondicional.*

*A Eliana Alarcón con infinito amor
A mis sobrinos, gracias por su inmenso
cariño.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO I..... | 14 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 14 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 14 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 15 |
| 1.3. HIPÓTESIS | 15 |
| 1.4. OBJETIVOS | 15 |
| 1.4.1. Objetivo general | 15 |
| 1.4.2. Objetivos específicos | 15 |
| 1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN | 15 |
| 1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 16 |
| 1.7. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 16 |
| 1.7.1. Delimitaciones..... | 16 |
| 1.8. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 16 |
| 1.8.1. Tipo..... | 16 |
| 1.8.2. Diseño | 16 |
| CAPÍTULO II..... | 17 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 17 |
| 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN | 17 |
| 2.1.1. BASES TEÓRICAS | 17 |
| 2.1.1.1. Concreto | 17 |
| 2.1.1.2. Requisitos de mezcla | 18 |
| 2.1.1.3. Composición del concreto..... | 18 |
| 2.1.1.4. La pasta | 18 |
| 2.1.1.5. El gel (F. Pajares - 2015)..... | 20 |
| 2.1.1.6. Hidratación y curado del concreto (Ing. Ana Torre C. – 2004) | 21 |
| 2.1.1.7. Porosidad de la pasta (F. Pajares - 2015) | 21 |
| 2.1.1.8. Clasificación (Ing. Ana Torre Carrillo)..... | 23 |
| 2.1.1.9. Propiedades del concreto | 23 |
| 2.1.1.9.1. Concreto en estado fresco | 23 |
| 2.1.1.9.2. Concreto en estado endurecido | 25 |
| 2.1.1.10. Clasificación..... | 27 |
| 2.1.1.10.1. Influencia agregado – concreto | 29 |
| 2.1.1.10.2. Porosidad de los agregados..... | 30 |
| 2.1.2. Agua..... | 31 |
| 2.1.2.1. Requisitos que deben cumplir | 31 |
| 2.1.2.2. Fuentes técnicas | 31 |
| 2.1.3. Cemento..... | 32 |

| | | |
|------------------------------|--|----|
| 2.1.3.1. | Composición química | 32 |
| 2.1.3.2. | Usos de los diferentes cementos portland | 33 |
| 2.1.3.3. | Propiedades del cemento portland..... | 34 |
| 2.1.3.4. | Adhesivos (Brs: Paredes Lopez Cinthia Stefani y Reyes Cossio Carlos Edmundo) 35 | |
| 2.1.3.5. | Tipos de Adhesivos | 37 |
| 2.1.3.6. | Diseño y evaluación de las uniones adhesivas (Mario Madrid – LOCTITE España) 40 | |
| 2.1.3.7. | Fuentes técnicas..... | 44 |
| 2.1.4. | Moteros epóxicos | 44 |
| 2.2. | DEFINICIONES..... | 45 |
| CAPÍTULO III..... | | 50 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS..... | | 50 |
| 3.1. | UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN | 50 |
| 3.2. | METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 50 |
| 3.2.1. | Tipo de Investigación. | 50 |
| 3.2.2. | Diseño y nivel de Investigación..... | 50 |
| 3.2.3. | Variables: | 50 |
| 3.3. | DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 51 |
| 3.4. | CANTERA DE ESTUDIO..... | 52 |
| 3.4.1. | Ubicación: | 52 |
| 3.4.2. | Geología (I Vásquez G - 2015)..... | 52 |
| 3.4.3. | Obtención de los agregados: (I Vásquez G - 2015)..... | 52 |
| 3.5. | CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO – (Ing. José Candisano Universidad Nacional de Cuyo – Argentina)..... | 52 |
| 3.5.1. | Estudio de los agregados: características físicas y mecánicas | 52 |
| 3.5.2. | Extracción y preparación de muestras para ensayos | 53 |
| 3.5.3. | Reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayo..... | 54 |
| 3.5.4. | Granulometría | 55 |
| 3.5.4.1. | Granulometría del agregado grueso | 55 |
| 3.5.4.2. | Granulometría del agregado fino..... | 57 |
| 3.5.4.3. | Análisis Granulométrico de los agregados | 57 |
| 3.5.4.4. | Materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200: | 58 |
| 3.5.4.5. | Tamaño máximo del agregado grueso – (Carlos Alfonso Lopez Garrido – Lima) 60 | |
| 3.5.5. | Tamaño máximo nominal del agregado grueso..... | 60 |
| 3.5.6. | Módulo de finura..... | 60 |

| | |
|---|----|
| 3.5.7. Masa por unidad de volumen (Densidad de masa)-(B.D. Maza Idrogo – 2017) | 61 |
| 3.5.8. Densidad relativa y absorción (F. Pajares - 2015)..... | 65 |
| 3.5.8.1. Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado grueso | 65 |
| 3.5.8.2. Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino (B.D Maza Idrogo – 2017)..... | 67 |
| 3.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS ADHESIVOS EPÓXICOS | 70 |
| 3.6.1. GROUT EPÓXICO NF | 70 |
| 3.6.1.1. DESCRIPCIÓN:..... | 70 |
| 3.6.1.2. USOS: | 70 |
| 3.6.1.3. VENTAJAS: | 71 |
| 3.6.1.4. DATOS TÉCNICOS: | 71 |
| 3.6.1.5. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DEL MORTERO EPÓXICO HECHO EN EL LABORATORIO..... | 72 |
| 3.6.1.6. PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO: | 73 |
| 3.6.1.7. PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES:..... | 74 |
| 3.7. CEMENTO UTILIZADO | 75 |
| 3.8. AGUA UTILIZADA | 76 |
| 3.9. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS Y ELABORACIÓN DE PROBETAS. | 76 |
| 3.9.1. Requerimientos del concreto considerados para el diseño de mezclas | 76 |
| 3.9.1.1. Apariencia..... | 76 |
| 3.9.1.2. Consistencia | 76 |
| 3.9.1.3. Resistencia requerida..... | 77 |
| 3.9.1.4. Propiedades de los materiales a considerar para el diseño de mezclas | 77 |
| 3.9.1.4.1. Propiedades del cemento: | 77 |
| 3.9.1.4.2. Propiedades de los agregados..... | 77 |
| 3.10. PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCIÓN DE LAS PROPORCIONES DEL CONCRETO POR EL MÉTODO DE MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS. | 78 |
| 3.10.1. Elaboración de la mezcla de prueba:..... | 80 |
| 3.10.2. Procedimiento realizado para el ajuste de las proporciones | 81 |
| 3.10.3. Elaboración de los especímenes de concreto para los ensayos mecánicos..... | 83 |
| 3.10.4. Curado de los especímenes de concreto..... | 85 |
| 3.11. VARIABLES DEPENDIENTES A EVALUAR EN EL ESTUDIO | 86 |
| 3.11.1. Asentamiento en el concreto en estado fresco..... | 86 |
| 3.11.2. Densidad de masa del concreto en estado fresco | 88 |
| 3.11.3. Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto. | 91 |
| 3.11.4. Resistencia a la tracción en especímenes cilíndricos de concreto..... | 93 |

| | |
|--|------------|
| 3.12. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN..... | 93 |
| 3.12.1. Técnicas e instrumentos de recopilación de información | 93 |
| 3.12.2. Técnicas de procesamiento y análisis de información..... | 93 |
| 3.12.3. Análisis de los resultados | 94 |
| CAPÍTULO IV | 95 |
| 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 95 |
| 4.1. PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS..... | 95 |
| 4.2. CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO DE CONCRETO, PARA CADA DOSIFICACIÓN. | 97 |
| 4.3. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO..... | 98 |
| 4.4. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESIÓN | 98 |
| 4.5. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS..... | 100 |
| CAPÍTULO V..... | 101 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 101 |
| 5.1. CONCLUSIONES..... | 101 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 101 |
| CAPÍTULO VI | 103 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA..... | 103 |
| 6.1. LIBROS Y REGLAMENTOS | 103 |
| 6.2. ARTÍCULOS Y TESIS..... | 103 |
| 6.3. NORMAS | 103 |
| CAPÍTULO VII..... | 106 |
| 7. ANEXOS | 106 |
| 7.1. ANEXO I: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS..... | 106 |
| 7.2. ANEXO II: FICHAS TÉCNICAS DE CHEMA GROUT EPÓXICO NF. | 115 |
| 7.3. ANEXO III: FICHA TÉCNICA DE CEMENTO | 118 |
| 7.4. ANEXO IV: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS..... | 119 |
| 7.5. ANEXO V: DISEÑO DE MEZCLAS..... | 121 |
| 7.6. ANEXO VII: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS | 126 |
| 7.7. ANEXO VIII: PANEL FOTOGRÁFICO | 134 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla N°1: Consistencia, asentamiento y trabajabilidad ----- | 24 |
| Tabla N°2: Valores máximos de sustancias existentes en el agua ----- | 31 |
| Tabla N°3: Límites de composición aproximados para cemento Portland ----- | 33 |
| Tabla N°4: Tipo de la investigación ----- | 50 |
| Tabla N°5: Porción de la muestra de campo requerida ----- | 54 |
| Tabla N°6: Requisitos granulométricos del agregado grueso ----- | 56 |
| Tabla N°7: Requisitos granulométricos del agregado fino ----- | 57 |
| Tabla N°8: Cantidad mínima de muestra para partículas menores al tamiz N° 200 ---- | 58 |
| Tabla N°9: Capacidad de los recipientes para ensayo de densidad de masa ----- | 62 |
| Tabla N°10: características físico químicas de CHEMA GROUT EPÓXICO NF ----- | 72 |
| Tabla N°11: Resumen de las propiedades de los agregados a ser empleados en la mezcla de concretos ----- | 77 |
| Tabla N°12: Valores de diseño para la mezcla de prueba ----- | 80 |
| Tabla N°13: Valores de diseño para la mezcla de prueba. ----- | 80 |
| Tabla N°14: Valores de diseño para la mezcla corregidos por humedad. ----- | 80 |
| Tabla N°15: Valores por tanda para las probetas de prueba ----- | 81 |
| Tabla N°16: Características de las muestras de prueba ----- | 81 |
| Tabla N°17: Pesos para tres especímenes de 6’’x12’’ ----- | 81 |
| Tabla N°18: Aporte de agua de los materiales ----- | 81 |
| Tabla N°19: Materiales corregidos según su apariencia ----- | 82 |
| Tabla N°20: Materiales corregidos por resistencia. ----- | 83 |
| Tabla N°21: Materiales para el diseño de la presente investigación. ----- | 83 |
| Tabla N°22: Tiempo de prueba de los especímenes y tolerancia ----- | 91 |
| Tabla N° 23. Resultados del análisis granulométrico de agregado fino ----- | 95 |
| Tabla N°24. Resultados del análisis granulométrico de agregado grueso ----- | 96 |
| Tabla N° 25. Resultados de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados. ----- | 96 |
| Tabla N° 26. Materiales para cada dosificación ----- | 97 |
| Tabla N°27: Peso unitario del concreto fresco ----- | 98 |
| Tabla N° 28: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado fino ----- | 106 |
| Tabla N° 29: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado fino ----- | 107 |
| Tabla N° 30: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado fino ----- | 108 |
| Tabla N° 31: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado grueso ----- | 109 |
| Tabla N° 32: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado grueso ----- | 110 |
| Tabla N° 33: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado grueso ----- | 111 |
| Tabla N° 34: Ensayo para el peso específico y absorción del agregado fino ----- | 112 |
| Tabla N° 35: Ensayo para el peso específico y absorción del agregado grueso ----- | 112 |
| Tabla N° 36: Ensayo para la abrasión del agregado grueso ----- | 113 |
| Tabla N° 37: Ensayo para el peso unitario suelto del agregado fino ----- | 113 |
| Tabla N° 38: Ensayo para el peso unitario compactado del agregado fino ----- | 113 |
| Tabla N° 39: Ensayo para el peso unitario suelto del agregado grueso ----- | 113 |
| Tabla N° 40: Ensayo para el peso unitario compactado del agregado grueso ----- | 114 |
| Tabla N° 41: Resumen de las propiedades físicas mecánicas de los agregados ----- | 114 |
| Tabla N° 42: Resistencia a la compresión promedio ----- | 119 |
| Tabla N° 43: Requerimientos de agua en L/m ³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada ----- | 119 |
| Tabla N° 44: Porcentaje de aire dependiendo a cada diseño ----- | 119 |

| | |
|--|-----|
| Tabla N° 45: Relación agua/cemento del concreto por resistencia – --- | 119 |
| Tabla N° 46: Módulo de finura de la combinación de agregados ----- | 120 |
| Tabla N° 47: Resistencia a la Compresión especímenes Patrón a los 7 días. ----- | 126 |
| Tabla N° 48: Resistencia a la Compresión especímenes Patrón a los 14 días ----- | 126 |
| Tabla N° 49: Resistencia a la Compresión especímenes Patrón a los 28 días ----- | 127 |
| Tabla N° 50: Resistencia a la Compresión especímenes con 30° de inclinación a los 7 días ----- | 127 |
| Tabla N° 51: Resistencia a la Compresión especímenes con 30° de inclinación a los 14 días ----- | 125 |
| Tabla N° 52: Resistencia a la Compresión especímenes con 30° de inclinación a los 28 días ----- | 128 |
| Tabla N° 53: Resistencia a la Compresión especímenes con 45° de inclinación a los 7 días----- | 129 |
| Tabla N° 54: Resistencia a la Compresión especímenes con 45° de inclinación a los 14 días ----- | 129 |
| Tabla N° 55: Resistencia a la Compresión especímenes con 45° de inclinación a los 28 días ----- | 130 |
| Tabla N° 56: Análisis estadístico de los especímenes a compresión ----- | 130 |

ÍNDICE DE GRAFICAS

| | |
|--|-----|
| Grafica N° 1: Variación de la resistencia de la unión adhesiva incrementando anchura y longitud de solapamiento ----- | 42 |
| Grafica N°2: Variación de la resistencia de la unión adhesiva frente al solapamiento para diferentes grosores ----- | 42 |
| Grafica N°3: Efecto del “factor de junta” sobre la resistencia de las uniones adhesivas ----- | 43 |
| Grafica N° 4: Curva granulométrica para el agregado fino ----- | 95 |
| Grafica N° 5: Curva granulométrica para el agregado grueso ----- | 96 |
| Grafica N° 6: Peso Unitario del Concreto Fresco ----- | 98 |
| Grafica N° 7: Esfuerzo vs tiempo de Acuerdo a sus Edades ----- | 99 |
| Grafica N° 8: Resistencia a Compresión a los 28 días ----- | 100 |
| Grafica N° 9: Curva granulométrica para el agregado fino ----- | 106 |
| Grafica N° 10: Curva granulométrica para el agregado fino ----- | 107 |
| Grafica N° 11: Curva granulométrica para el agregado fino ----- | 108 |
| Grafica N° 12: Curva granulométrica para el agregado grueso ----- | 109 |
| Grafica N° 13: Curva granulométrica para el agregado grueso ----- | 110 |
| Grafica N° 14: Curva granulométrica para el agregado grueso ----- | 111 |
| Grafica N° 15: Esfuerzo vs Angulo de Acuerdo a sus Edades ----- | 131 |
| Grafica N° 16: Resistencia a la Compresión de acuerdo a sus Edades ----- | 131 |
| Grafica N° 17: Resistencia a Compresión a los 7 días con sus respectivos ángulos de inclinación ----- | 132 |
| Grafica N° 18: Resistencia a Compresión a los 14 días con sus respectivos ángulos de inclinación ----- | 132 |
| Grafica N° 19: Resistencia a Compresión a los 28 días con sus respectivos ángulos de inclinación ----- | 133 |
| Grafica N° 20: Modulo de Elasticidad del Concreto ----- | 133 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|-----|
| Cuadro N° 1: Diagrama de Procedimientos para la investigación ----- | 51 |
| Cuadro N° 2: Diseño de mezcla de concreto empleada para correcciones ----- | 121 |
| Cuadro N° 3: Corrección por contenido de humedad de los agregados para la preparación de especímenes de prueba ----- | 122 |
| Cuadro N° 4: Corrección por agua adicional, apariencia, asentamiento y contenido de aire de los agregados ----- | 123 |
| Cuadro N° 5: Corrección por variación de la resistencia debido al grado de hidratación del concreto ----- | 124 |
| Cuadro N° 6: Diseño base luego de efectuadas todas las correcciones ----- | 125 |

ÍNDICE DE IMÁGENES

| | |
|---|-----|
| Imagen N°1: Adhesión entre Sustratos ----- | 36 |
| Imagen N°2: Esquema básico de la unión adhesiva ----- | 39 |
| Imagen N°3: Solicitaciones sobre las uniones adhesivas ----- | 41 |
| Imagen N° 4: Secado del agregado grueso para el PUSS ----- | 67 |
| Imagen N° 5: Chema Grout Epóxico NF ----- | 75 |
| Imagen N° 6: Cemento Pacasmayo Tipo I ----- | 76 |
| Imagen N° 7: Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura ----- | 93 |
| Imagen N° 8: Cantera Acosta de la Cual se compró los agregados para la investigación ----- | 134 |
| Imagen N° 9: Análisis Granulométrico de los Agregados ----- | 134 |
| Imagen N° 10: Peso Unitario Seco Compactado del Agregado ----- | 135 |
| Imagen N° 11: Peso Unitario Seco Suelto del agregado ----- | 135 |
| Imagen N° 12: Peso Específico del Agregado Grueso ----- | 136 |
| Imagen N° 13: Concreto en Estado Fresco y Endurecido ----- | 137 |
| Imagen N° 14: Resistencia a la compresión de los especímenes patrón ----- | 138 |
| Imagen N° 15: Falla frágil del espécimen patrón ----- | 139 |
| Imagen N° 16: Rotura del espécimen probado a compresión ----- | 140 |
| Imagen N° 17: Madera utilizada en forma de cuña para los ángulos de 30° y 45° ----- | 141 |
| Imagen N° 18: Concreto en estado endurecido con ángulos de 30° y 45° ----- | 142 |
| Imagen N° 19: Presentación del Mortero Epóxico Chema Grout Epóxico NF.----- | 143 |
| Imagen N° 20: Peso de la resina (catalizador), para la mezcla con los otros componentes ----- | 144 |
| Imagen N° 21: Peso de la resina (endurecedor), para la mezcla con los otros componentes ----- | 145 |
| Imagen N° 22: Mezcla de las resinas epóxicas, cuidando que no ingrese burbujas de aire ----- | 146 |
| Imagen N° 23: Mezcla de los tres componentes para obtener el mortero epóxico ----- | 147 |
| Imagen N° 24: Obtención del concreto en estado endurecido con unión de mortero epóxico ----- | 147 |
| Imagen N° 25: Obtención del concreto en estado endurecido con unión de mortero epóxico en diferentes edades ----- | 148 |
| Imagen N° 26: Prueba de roturas de los especímenes, en presencia de mi asesor: M. en I. Héctor A. Pérez Loayza ----- | 148 |
| Imagen N°27: Rotura de los especímenes de 30° unidos con mortero epóxico ----- | 149 |
| Imagen N° 28: rotura de los especimenes de 45° unidos con mortero epóxico ----- | 150 |
| Imagen N° 29: Rotura de los especímenes unidos con mortero epóxico. ----- | 151 |

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal el estudio y la aplicación de mortero epóxico “**Chema Grout Epóxico NF**” para elementos de concreto, diseñados a diferente edad y describir su comportamiento mecánico para la edad de 7, 14 y 28 días de elaboración, donde se tomó como base un concreto de un $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para la elaboración de los especímenes, se hizo el diseño con agregados de la planta de chancado “Roca Fuerte” distrito de Baños del Inca, áridos que son extraídos del río Chonta, el cemento utilizado fue de “Cemento Pacasmayo Tipo I” y agua de la misma ciudad Universitaria.

Para la investigación se diseñaron 120 especímenes de concreto de 4’’x8’’ los cuales fueron separados en tres grupos como son: especímenes patrón, especímenes de 30° de inclinación y especímenes de 45° de inclinación, para los especímenes inclinados se diseñó una unión de mortero epóxico “Chema Grout Epóxico NF” de un espesor de ($e = 0.5 \text{ cm}$), la mezcla del mortero fue de acuerdo a las proporciones de la hoja técnica de “Chema Grout Epóxico NF”, cuidando siempre la no incorporación de burbujas de aire en el momento del mezclado de dichos componentes, de esta manera obteniendo mejores resultados.

Los resultados obtenidos en la investigación de acuerdo a los especímenes patrón fueron los siguientes: los especímenes de 30° de inclinación diseñados y probados a los 28 días su resistencia es menor en un 0.999% con respecto a los especímenes patrón y los especímenes de 45° de inclinación a los 28 días de ser probados su resistencia es de 1.017% mayor con respecto a los especímenes patrón, donde el mortero epóxico en todas las pruebas de resistencia a compresión realizadas a demostrado una buena adherencia, obteniendo las fallas de rotura en el concreto, quedando la unión sin presencia de fallas al momento de aplicar la carga de rotura, actuando siempre de una forma monolítica en el espécimen, llegando a la conclusión que las uniones con mortero epóxico “Chema Grout Epóxico NF”, tiene buena adherencia y funcionalidad en los elementos de concreto diseñados para cualquier edad, y no varía su resistencia de diseño con elementos diseñados a 45° de inclinación respecto a los elementos de concreto patrón.

Palabras clave: Concreto, Chema Grout Epóxico NF”, resistencia a compresión, mortero epóxico, edad de rotura.

SUMMARY

"Chema Grout Epoxy NF" for concrete elements, designed at different ages and describing their mechanical behavior for the age of 7, 14 and 28 days of production, where a concrete of a $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ was used as the base. Elaboration of the specimens, designed with the aggregates of the "Roca Fuerte" crusher plant in the district of Baños del Inca, aggregates that are extracted from the Chonta River, from "Cement Pacasmayo Type I" and water from the same University City.

For the investigation, 120 specimens of 4"x8 " concrete were designed. The dead were separated into three groups: standard specimens, 30 ° tilting specimens and 45 ° tilting specimens; Epoxy mortar union "Chema Grout Epoxy NF" with a thickness of ($e = 0.5 \text{ cm}$), the mortar mixture was according to the proportions of the "Chema Grout Epoxy NF" technique sheet, always taking care not to incorporate Air bubbles at the time of mixing components of the elements, thus obtaining better results.

The results obtained in the investigation according to the standard specimens were as follows: 30 ° tilting specimens designed and tested at 28 days their resistance is lower by 0.999% with respect to standard specimens and 45 ° specimens Of inclination to the 28 days of test proved its resistance is of 1.017% the mayor with respect to the standard specimens, where the epoxy mortar in all the tests of resistance a compression has demonstrated a good adhesion, obtaining the failure of breaks in the concrete , Leaving the union without faults at the moment of applying the load of rupture, always acting in a monolithic form in the specimen, concluding that the joints with epoxy mortar "Chema Grout Epoxy NF", has good adhesion and functionality Is Design elements designed for any age, and does not vary its design strength with elements designed at 45 ° i Nclina Regarding the elements of concrete pattern.

Keywords: Concrete, Chema Epoxy NF ", compressive strength, epoxy mortar, breaking age.

CAPÍTULO

I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el campo de la construcción el concreto es utilizado ampliamente, por su economía versatilidad y función estructural que le brinda a la construcción de estructuras. Sin embargo, la calidad y durabilidad del mismo depende específicamente de las características que posean los materiales de concreto como el agua, el tipo de cemento, el tamaño de los áridos tanto gruesos como finos y aditivos, establecerán las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido permitiendo de esta forma su manejabilidad, consistencia plasticidad, temperatura, segregación, exudación y resistencia.

En nuestro medio la probabilidad de encontrar construcciones en las cuales es necesario el estudio de reparaciones en sus elementos estructurales se hace cada vez más amplia, son muchos los factores que pueden exigir que una estructura de concreto se vea sometida a un proceso de reforzamiento post-construcción: debido a incrementos de cargas, cambio de uso, actualización a normas o incluso errores durante el diseño o la construcción.

En elementos de concreto es muy común tener que acudir a incrementar el área de los elementos que soportan las solicitaciones, pero en la presente investigación se reemplazó el concreto afectado por un concreto nuevo a través de un puente de adherencia llamado mortero epóxico, esto se debe que la resistencia a la compresión anterior del concreto no ha sido utilizada en su totalidad.

El auge en la aplicación de resinas epóxicas, en reparaciones de edificios y estructuras de concreto ha llevado al desarrollo de morteros de reparación cada vez con tecnologías más avanzadas. En el desarrollo de estos morteros surge la idea de la aplicación de un mortero epóxico, gracias a la combinación de resinas epóxicas y agregado fino. La utilización de morteros epóxicos proporciona una buena adherencia entre concretos diseñados en diferentes edades, 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 reemplazar la zona afectada utilizando un concreto nuevo todo este proceso se da gracias a la buena adhesión de los epóxicos utilizados, su aplicación también puede darse en las obras inconclusas que han sido retomadas, entre otros. La elección del producto más adecuado para la adherencia del concreto se debe realizar teniendo en cuenta criterios técnicos basados en las normas nacionales e internacionales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El tema objeto de la presente investigación se puede sintetizar en la siguiente interrogante: ¿Cuál es el aporte a compresión que brindan los elementos de concreto unidos mediante mortero epóxico a diferente edad?

1.3. HIPÓTESIS

Los elementos de concreto diseñados con mortero epóxico, incrementan su resistencia en un 5% en las pruebas de compresión.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Determinar el aporte de la resistencia en los elementos de concreto diseñados con mortero epóxico a diferentes edades.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento de los elementos diseñados con mortero epóxico.
- Contrastar la resistencia de elementos sin mortero epóxico y con mortero epóxico.

1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se realizó el análisis del mortero epóxico “Chema Grout Epóxico NF” aplicado a las reparaciones estructurales y la continuación de obras inconclusas, abarcando al rubro de la construcción civil como son: las empresas constructoras y consultoras, ingenieros y a las instituciones dedicadas a la construcción, también está dirigido a todos los estudiantes que tengan la necesidad de continuar con ésta investigación, logrando así un mayor conocimiento y optimización de los recursos en el campo de la ingeniería y la construcción.

Los estudios que se realizaron para obtener los datos de la presente investigación, se hicieron en el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca, con materiales tales como : agregados obtenidos de la cantera “Roca Fuerte” ubicada en el Distrito de Baños del Inca – Cajamarca, el agua se obtuvo de la misma ciudad Universitaria también se usó Cemento Pacasmayo tipo I adquirido de la Ferretería

Dino Vásquez de ésta misma ciudad, el mortero epóxico “Chema Grout Epóxico NF” se obtuvo de la ciudad de Lima por intermedio de su representante “Oreka” de ésta ciudad.

1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Con la aplicación de diferentes pegamentos epóxicos que existen en el mercado dedicados a la construcción, se tiene varios estudios acerca de los mismos por tanto se plantea el estudio y aplicación de un “**mortero epóxico**” por su manejabilidad en sus ángulos de 30° y 45° de inclinación con el eje vertical, dando lugar al análisis de la adherencia del mortero epóxico para el desempeño en las reparaciones estructurales.

La Universidad Nacional de Cajamarca, como centro de generación y difusión de conocimientos científicos y tecnológicos, por tanto en la Facultad de Ingeniería existe el interés de promover alternativas de solución en los problemas de la construcción, como son la aplicación de morteros epóxicos, en el estudio de concretos de diferente edad.

1.7. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Delimitaciones

Para realizar la presente investigación se ha tenido la necesidad de obtener materiales como los agregados, agua, cemento y “Chema Grout Epóxico NF”.

Se tiene conocimiento que en los países como Guatemala, España y Chile se ha desarrollado estudios con resinas epóxicas. Sin embargo, en nuestro país el tema no ha sido estudiado, por lo tanto, se convierte en una limitante para el desarrollo de la presente investigación.

El estudio se basa únicamente en análisis de la resistencia mecánica del concreto, ya que el laboratorio de ensayo de materiales solo cuenta con equipos y máquinas para determinar la resistencia a diferentes tipos de esfuerzo.

1.8. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. Tipo

El tipo de investigación de esta tesis es desarrollada, en la primera parte con un nivel descriptivo, explicativo y comparativo.

1.8.2. Diseño

Por la naturaleza de las variables es una investigación de diseño experimental, que tiene como objeto de estudio al mortero epóxico “Chema Grout Epóxico NF”

CAPÍTULO

II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. BASES TEÓRICAS

2.1.1.1. Concreto

Según **Flavio Abanto Castillo**. El término de concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto”.

Según **Steven, 1992**. El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: Agregado y pasta. La pasta, compuesta de Cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el Cemento y el agua. Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos.

Según **Rivva 2014**. 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 aspectos: naturaleza, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad y mantenimiento de los elementos estructurales.

La principal limitación a las múltiples aplicaciones que se pueden presentar en el concreto es el desconocimiento de algunos de los aspectos ya indicados; así como la mayor o menor importancia de los mismos de acuerdo al empleo que se pretende dar al material.

2.1.1.2. 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 específicas 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 y compatible con la calidad deseada.

2.1.1.3. Composición del concreto

El concreto está compuesto por la unión de:

- Pasta
- Agregados

2.1.1.4. La pasta

Es la mezcla de cemento más agua, formando parte del concreto endurecido.

A) Elementos fundamentales: Comprende de cuatro elementos fundamentales.

- a) **Gel.** nombre con el que se denomina al producto resultante de la reacción química e hidratación del cemento.
- b) **Los poros:** son los espacios vacíos que se forman dentro de la masa del concreto.
- c) **Cemento hidratado:** Es la combinación del cemento más el agua.
- d) **Los cristales de hidróxido de calcio:** Son elementos cuya presencia se nota en todo concreto formado por cristales de hidróxido de calcio, se forma 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.

- a) Contribuir a dar las propiedades requeridas al producto endurecido.
- b) Separar las partículas del agregado.
- c) Llenar los vacíos entre las partículas de agregado y adherirse fuertemente a ellas.
- d) Proporcionar lubricación a la masa cuando ésta aún no ha endurecido.

C) Propiedades de la pasta

Las propiedades de la pasta dependen fundamentalmente de:

- a) Las propiedades físicas y químicas del cemento.
- b) Las proporciones relativas de cemento y agua en la mezcla.
- c) El grado de hidratación del cemento, dado por la efectividad de la combinación química entre éste y el agua.

D) Fraguado y endurecimiento de la pasta de cemento

El cemento al ser mezclado con agua forma una pasta, que tiene la propiedad de rigidizarse progresivamente hasta constituir un sólido de creciente dureza y resistencia. Estas características son causadas por un proceso físico - químico derivado de la reacción química del agua con las fases mineralizadas del clínquer y que en su primera etapa incluye la solución en agua de los compuestos anhidros del cemento, formando compuestos hidratados. A partir de ese momento el proceso no es cabalmente conocido, existiendo teorías que suponen la precipitación de los compuestos hidratados, con la formación de cristales entrelazados entre sí que desarrollen fuerzas de adherencia, las que producen el endurecimiento de la pasta (Teoría cristal o ideal de Le Chatelier) o alternativamente por el endurecimiento superficial de un gel formado a partir de dichos compuestos hidratados (Teoría coloidal de Michaelis), estimándose actualmente que el proceso presenta características mixtas.

El endurecimiento de la pasta de cemento muestra particularidades que son de interés para el desarrollo de obras de ingeniería:

- La reacción química producida es exotérmica, con desprendimiento de calor, especialmente en los primeros días.
- Durante su desarrollo se producen variaciones de volumen, de dilatación si el ambiente tiene un alto contenido de humedad o de contracción si este es bajo. El proceso producido es dependiente de las características del cemento, principalmente de su composición y de su finura, los cuales condicionan en especial la velocidad de su generación.

E) Influencia de la pasta en el concreto

- a) Las propiedades de la pasta son las que influyen directamente sobre la mezcla final.
- b) Para un cemento dado, las características y porosidad de la pasta dependen de la relación agua-cemento, y del grado de hidratación del cemento.

2.1.1.5. El gel (F. Pajares - 2015)

Se define como gel a la parte sólida de la pasta, la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

A. Proceso de formación

En 1882 el investigador francés Le Chatelier sostuvo que el producto de la hidratación del cemento tenía una solubilidad menor que los compuestos originales, lo que daba lugar a que los hidratos se precipitasen formando una solución sobresaturada que presentaba cristales elongados y entrelazados, los cuales poseían alta cohesividad y propiedades adhesivas.

Como consecuencia, en la actualidad se piensa que cuando el cemento se combina con el agua se produce muy rápidamente una solución sobre saturada de hidróxido de calcio, con concentración de silicato calcio hidratado en condición estable. De acuerdo a Le Chatelier este hidrato se precipita rápidamente, correspondiendo el endurecimiento posterior a la pérdida de agua del material hidratado, tal como lo enuncia Michaelius.

Presentándose el silicato de calcio hidratado en forma de cristales interconectados extremadamente pequeños, los cuales debido a sus dimensiones pueden ser definidos como gel, la aparente divergencia Le Chatelier – Michaelius se reducirá finalmente a terminología en la medida que el producto final es un gel consistente de cristales.

B. Composición

En su estructura el gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas, en su mayoría escamosas o fibrosas, el conjunto de las cuales forma una red eslabonada que contiene material más o menos amorfo.

En su composición el gel comprende:

- La masa cohesiva de cemento hidratado en su estado de pasta más densa.
- Hidróxido de calcio cristalino y
- Poros gel.

C. Comportamiento

El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto, especialmente en su resistencia aún no están claramente comprendidas, pero se acepta que él interviene dos clases de adherencia cohesivas: Atracción física y adherencia química.

La atracción física es del tipo Van der Waal entre superficies de sólidos separados únicamente por microscópicos poros gel. Esta adherencia es debida a la gran energía disponible en la superficie de las partículas de gel. Es una característica distintiva de éste el que sus fuerzas internas son pequeñas en comparación con sus fuerzas superficiales.

La coherencia química es igualmente una causa importante de cohesión. Dado que el gel tiene capacidad de esponjamiento limitada, debido a que sus partículas no pueden ser dispersadas por adición de agua, es evidente que ellas están unidas por fuerzas químicas, siendo la ligación de los tipos iónico y covalente.

Sé bien las fuerzas químicas son más importantes que las de Van der Waal, la adherencia química actúa únicamente sobre la pequeña fracción que corresponde a la zona de contacto de las partículas de gel. En cambio, la adherencia física actúa sobre un área mayor, dado que la superficie específica del gel del cemento es de cerca de dos millones de centímetros cuadrados por gramo. Así, aunque la pasta es un gel del tipo de expansión limitada, la adherencia entre las fibras es lo bastante fuerte para resistir expansiones tixotrópicas ilimitadas.

Por lo expuesto, aunque en la actualidad se sigue investigando sobre la importancia de la influencia relativa de las adherencias química y física no existen dudas sobre la importancia de contribución de ambas a la resistencia final de la pasta endurecida.

2.1.1.6. Hidratación y curado del concreto (Ing. Ana Torre C. – 2004)

A). Hidratación

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.

B). Curado

Se define como tiempo de curado al periodo 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.

2.1.1.7. Porosidad de la pasta (F. Pajares - 2015)

Existen vacíos denominados poros los cuales no contienen materia sólida aunque bajo determinadas circunstancias algunos podrían estar totalmente llenos de agua. Se pueden

clasificar en cuatro categorías definidas por el origen, tamaño promedio o ubicación, los poros pueden ser:

A. Poros de aire atrapado

Durante el proceso de mezclado una pequeña cantidad de aire del orden del 1% es aportada por los materiales y queda atrapada en la masa del concreto, no siendo eliminada por los procesos de mezclado, colocación o compactación. Estos espacios que este aire forma en la masa de concreto son parte inevitable de toda pasta. Y contribuyen a la disminución en la resistencia y durabilidad del concreto, varían en tamaños desde aquellos que son perceptibles a simple vista hasta aquellos de un centímetro o más de diámetro.

B. Poros por aire incorporado

Por razones de incremento en la durabilidad del concreto se puede incorporar intencionalmente aire mediante el empleo de aditivos químicos, minúsculas burbujas de aire las cuales se conocen como poros de aire incorporado.

Las burbujas de aire incorporado son de perfil esférico con valores promedio de 0.10 mm su volumen puede ocupar hasta más del 5%.

La razón principal del empleo de burbujas incorporadas es que este sistema de poros espaciados permite un incremento significativo de la durabilidad del concreto al crear un gran número de cámaras en las que se puede congelar el agua presente en los poros capilares evitando que las tensiones por expansión contribuyan a agrietar el concreto.

C. Poros capilares

Se define como poros capilares a los espacios originalmente ocupados por el agua en el concreto fresco, los cuales en el proceso de hidratación del cemento no han sido ocupados por el gel.

El gel solo puede desarrollarse en los espacios originalmente llenos de agua. Por tanto si la relación agua-cemento es alta o el curado es pobre la cantidad de espacios ocupables por el gel será durante el proceso de hidratación quedando los espacios residuales en la condición de poros capilares.

La importancia de estos poros radica en:

- Conforme aumentan, disminuyen las resistencias mecánicas de la pasta endurecida.
- Aumentan la porosidad, permeabilidad y capacidad de absorción de la pasta.

D. Poros gel.

Durante el proceso de formación del gel quedan atrapados de éste, totalmente aislados unos de otros, así como del exterior, un conjunto de vacíos a los cuales se les conoce con el nombre de poros gel.

Estos poros se presentan en el gel en forma independiente de la relación agua cemento y el grado de hidratación de la pasta, ocupando aproximadamente el 28% de la misma.

Los poros gel tienen un diámetro muy pequeño, del orden de aproximadamente 0.0000010mm, equivalente al de las moléculas de agua. Debido a su muy pequeño diámetro el agua no congela en ellos. Estos poros no están interconectados.

2.1.1.8. Clasificación (Ing. Ana Torre Carrillo)

A. Por su peso específico

Ligero, cuyo peso unitario se encuentra entre 1200 – 2000 kg/m³

Normal, cuyo peso unitario se encuentra entre 2000 – 2800 kg/m³

Pesado, cuyo peso unitario se encuentra entre > 2800 kg/m³

B. Por su aplicación

Simple: Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.

Armado: Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.

Pretensado: Resistencia a tracción: viguetas.

Pos tensado: Resistencia a tracción: se introducen fundas.

2.1.1.9. Propiedades del concreto

2.1.1.9.1. Concreto en estado fresco

El Concreto en estado fresco es desde que se mezcla el concreto hasta que fragua el cemento.

El Comportamiento Reológico del concreto fresco depende de:

- Relación agua / cemento.
- Grado de hidratación.
- Tamaño de partículas.
- Mezclado.
- Temperatura

A. Trabajabilidad

Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se disponga. La trabajabilidad depende de:

- Dimensiones del elemento.
- Secciones armadas.
- Medios de puesta en obra.

Habrà una mayor trabajabilidad cuando:

- Contenga más agua
- Más finos.

- Agregados redondeados.
- Más cemento.
- Fluidificantes / plastificantes.
- Adiciones.

B. Consistencia

Denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. La consistencia depende:

- Agua de amasado.
- Tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Forma de los agregados influye mucho el método de compactación.

Tipos de Consistencia:

- SECA – Vibrado normal
- PLÁSTICA – Vibración normal chuseado
- FLUIDA – Chuseado.

Tabla N°1: Consistencia, asentamiento y trabajabilidad.

| CONSISTENCIA | SLUMP | TRABAJABILIDAD | MÉTODO DE COMPACTACIÓN |
|--------------|-----------|-----------------|---------------------------|
| Seca | 0'' a 2'' | Poco trabajable | Vibración normal |
| Plástica | 3'' a 4'' | Trabajable | Vibración ligera chuseado |
| Fluida | >5'' | Muy trabajable | Chuseado |

Fuente: Ing. Flavio Abanto Castillo

C. Homogeneidad y Uniformidad

Homogeneidad:

Es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa.

Uniformidad:

Se le llama cuando es en varias amasadas. Esta depende:

- Buen amasado.
- Buen transporte.
- Buena puesta en obra.

Se pierde la homogeneidad por tres causas:

- Irregularidad en el mezclado.
- Exceso de agua.

- Cantidad y tamaño máximo de los agregados gruesos.

Esto provoca:

Segregación: separación de los áridos gruesos y finos.

Decantación: los áridos gruesos van al fondo y los finos se quedan arriba.

D. Compacidad

Es la relación entre el volumen real de los componentes del hormigón y el volumen aparente del hormigón. No se tiene en cuenta el aire ocluido.

2.1.1.9.2. Concreto en estado endurecido

A. Características físico - químicas

a) Impermeabilidad

El concreto es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable. Se entiende por permeabilidad como la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros un fluido.

Para lograr una mayor impermeabilidad se pueden utilizar aditivos impermeabilizantes así como mantener una relación agua cemento muy baja. La permeabilidad depende de:

- Finura del cemento.
- Cantidad de agua.
- Compacidad.

b) Durabilidad

Depende de los agentes agresivos, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos. Los que más influyen negativamente son:

- Sales.
- Calor.
- Agente contaminante.
- Humedad.

c) Resistencia térmica

Bajas temperaturas – Hielo / deshielo (deterioro mecánico).

Altas temperaturas $>300^{\circ}$ C.

B. Características mecánicas

a) Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto, aunque en estructuras especiales como túneles y presas, o cuando se emplean cementos especiales, pueden especificarse tiempos menores o mayores a 28 días.

En túneles es bastante frecuente utilizar la resistencia a los 7 días o menos, mientras en presas se suele utilizar como referencia la resistencia a los 56 días o más.

La resistencia del concreto se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm. de altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas.

b) Resistencia a la flexión

Generalmente su valor corresponde a 10% de la resistencia en compresión del concreto de un determinado $f'c$, esta propiedad nos sirve para diseñar estructuras que estarán cargadas y en el que es muy importante conocer esta propiedad.

2.2.2. Agregados

Los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto. Como agregados de las mezclas de mortero o concreto se pueden considerar, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia de la partícula), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento Portland. En general, la mayoría son materiales inertes, es decir, que no desarrollan ningún tipo de reacciones con los demás componentes de las mezclas, especialmente con el cemento; sin embargo, existen algunos agregados cuya fracción más fina presenta actividad en virtud de sus propiedades hidráulicas colaborando con el desarrollo de la resistencia mecánica, tales como: las escorias de alto horno de las siderúrgicas, los materiales de origen volcánico en donde hay sílice activo, entre otros.

Los agregados constituyen un factor determinante en la economía, durabilidad y estabilidad en las obras civiles, pues ocupan allí un volumen muy importante. Por ejemplo el volumen de los agregados en el concreto hidráulico es de un 65% a 85%, en el concreto asfáltico es del 92% al 96%, en los pavimentos del 75% al 90%.

La norma de concreto E-060, recomienda que en ciertas circunstancias agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas, sin embargo, debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones del proyecto.

2.1.1.10. Clasificación

A. Por su naturaleza

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y hormigón (agregado global).

- **El agregado fino**, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.
- **El agregado grueso**, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.
- **El hormigón**, es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

B. Por su densidad

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75.

C. Por su origen, forma y textura superficial

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angulares. En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

- Angular: Cuyos bordes están bien definidos y formado por la intersección de sus caras (planas) además de poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- Sub angular : Evidencian algo de desgaste en caras y bordes, pero las caras están intactas.
- Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- Redondeada: Bordes desgastados casi eliminados.
- Muy Redondeada: Sin caras ni bordes

Respecto de la textura superficial estas pueden ser:

- Lisa
- Áspera
- Granular
- Vítrea

- Cristalina

La textura superficial depende de la dureza, tamaño del grano y las características de la roca original. La forma y la textura del material pueden influir altamente en la resistencia a la flexión del concreto estas características se deben controlar obligatoriamente en los concretos de alta resistencia. También se puede afirmar que la forma y textura de las arenas influyen en los requerimientos de agua en el concreto.

D. Por el tamaño del agregado

- El agregado empleado en la preparación del concreto se clasifica en agregado fino, agregado grueso y hormigón, conocido éste último como agregado integral.
- Se define como agregado fino aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan el Tamiz de 3/8" y queda retenido en el Tamiz No 200.

El más usual de los agregados finos es la arena, definida como el resultante de la desintegración natural de las rocas.

- Se define como agregado grueso a aquel queda retenido en el Tamiz No 4 es proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas. El agregado grueso suele calificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso proveniente de la disgregación y abrasión natural de los 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, dosificada en proporciones arbitrarias, de hormigón y arena

E. Funciones del agregado

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Los agregados finos son comúnmente identificados por un número denominado Módulo de finura, que en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino. La función

de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Cuando el concreto está fresco, la pasta también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla. Para cumplir satisfactoriamente con estas funciones la pasta debe cubrir totalmente la superficie de los agregados

2.1.1.10.1. Influencia agregado – concreto

A. Influencia de los agregados pétreos en las propiedades del concreto fresco

La absorción es quizás la propiedad del agregado que más influye en la consistencia del concreto, puesto que las partículas absorben agua directamente en la mezcladora, disminuyendo la manejabilidad de la mezcla. Si dos tipos de agregados tienen absorción similar, otros factores secundarios serán de importancia en la consistencia de la mezcla, tales como forma, tamaño y graduación; ya que mientras mayor superficie del agregado sea necesario cubrir con pasta, se tendrá menos fluidez. Una buena consistencia y manejabilidad de la mezcla se obtiene con la combinación de índices bajos de absorción y un coeficiente bueno de forma, en donde las partículas son aproximadamente redondas (Alaejos y Fernández 1996).

Los agregados se pueden calificar por su forma, en base a su grado de redondez y esfericidad, obteniéndose una medida relativa de carácter comparativo y descriptivo. La manera como esta característica puede influir en el concreto fresco es variable, logrando producir, por ejemplo, a mayor grado de redondeamiento menor relación de vacíos; pero por otra parte un menor valor de este parámetro reduce la capacidad de compactación (Neville 1999).

B. Influencia de los agregados pétreos en las propiedades del concreto endurecido

En cuanto a la interrelación mecánica entre la matriz y el agregado grueso, la textura superficial de éste es principalmente responsable de la adherencia. La roca triturada produce una adherencia superior comparado con la grava de canto rodado; aunque en la adherencia también tiene influencia la relación a/c que afecta tanto física como químicamente la zona de interfase. En un trabajo de investigación se encontró que concretos fabricados con agregados triturados resistieron más que los de canto rodado; el esfuerzo de compresión a los 28 días para los concretos hechos con agregados gruesos de grava redonda estuvo entre el 10 y 20 por ciento más bajos que los concretos preparados con agregados triturados. Lo anterior puede ser atribuido tanto a la superficie lisa de los agregados de canto rodado, como a su posible menor resistencia, en relación a los agregados triturados, que fueron de basalto y caliza. (Özturan y Çeçen 1997).

C. Influencia de los agregados en la zona de interfase y en el módulo de elasticidad

Ante la aplicación de cargas en el concreto, el micro agrietamiento se inicia generalmente en la zona de interfase (ITZ) entre el agregado grueso y el mortero que lo rodea; y posteriormente en el momento de la falla ante el incremento de las cargas, el patrón de grietas siempre incluye a la interfase; lo anterior subraya la importancia de esta zona del concreto. Por ello es necesario darle la debida importancia a las propiedades y el comportamiento de la zona de interfase (Neville 1999).

Por otro lado, el módulo de elasticidad del concreto es afectado por el módulo de elasticidad del agregado y por el contenido volumétrico de éste en el concreto. Debido a que el módulo de elasticidad del agregado es raramente conocido, algunas expresiones para el módulo de elasticidad del concreto permiten que el del agregado se sustituya por un coeficiente que está en función de la densidad del concreto. En este sentido, la expresión del ACI 318-89 puede emplearse haciendo la consideración anterior para concretos hechos con agregados de peso normal y ligero; empero, ninguna de las expresiones para el cálculo del módulo de elasticidad considera la adherencia (plano de pegado) entre el agregado y la pasta endurecida de cemento cercana a la partícula. La adherencia depende de la ITZ, la cual tiene una microestructura diferente al de las grandes cantidades de cemento endurecido (Neville 1997).

2.1.1.10.2. Porosidad de los agregados

La porosidad de los agregados naturales generalmente empleados en la preparación de concretos de peso normal, se encuentra usualmente por debajo del 10% y casi siempre por debajo del 3%, en contraste con el 30% o más de la porosidad total de las pastas. Se podrían esperar, a partir de estos valores, que la permeabilidad de los agregados usualmente empleados deberla ser mucho menor que la de la pasta.

Sin embargo, al nivel de laboratorio se ha podido comprobar que ello no siempre es así, habiéndose encontrado que muchas rocas empleadas como agregado en el concreto pueden tener valores de permeabilidad en el orden de, o más altos que, aquellos que se encuentran en pastas preparadas con relaciones agua-cemento en los rangos de 0.4 a 0.7. La explicación de esta aparente anomalía se encuentra en el hecho de que los capilares o espacios porosos en el agregado a través de los cuales el agregado puede fluir, son en promedio considerablemente mayores que los existentes en la pasta aun cuando aquellos se presentan en mucho menor proporción.

Los pequeños vacíos presentes en el agregado, en forma similar a los poros capilares de la pasta, pueden bajo determinadas circunstancias ser parcial o totalmente que usualmente se da en climas fríos.

2.1.2. Agua

El agua cumple con dos funciones vitales en el desarrollo del concreto, como agua de mezclado y como agua de curado. Para la primera, casi cualquier agua natural potable, sin tener un sabor u olor notable, puede servir para el mezclado, pues el agua cuando funciona como un ingrediente en la fabricación de la mezcla ocupa entre 10% - 25% de cada m³ producido. Se debe evitar a toda costa que esté contaminada de sulfatos pues estos son agresivos al cemento. Si no se tiene cuidado en eliminar las impurezas excesivas contenidas en el agua de mezcla, estas pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y la consistencia de volumen, sino que a su vez pueden producir eflorescencia o corrosión del refuerzo.

2.1.2.1. Requisitos que deben cumplir

El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá de ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto y al acero; a continuación, se muestran los valores máximos admisibles que se debe tener en cuenta para en la preparación de concreto con las cantidades límites a utilizarse.

Tabla N°2: Valores máximos de sustancias existentes en el agua.

| SUSTANCIAS DISUELTAS | VALOR MÁXIMO ADMISIBLE |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Cloruros | 300 ppm |
| Sulfatos | 300 ppm |
| Sales de magnesio | 150 ppm |
| Sales solubles | 1500 ppm |
| P.H. | Mayor de 7 |
| Sólidos en suspensión | 1500 ppm |
| Materia orgánica | 10 ppm |

Fuente: Ing. Flavio Abanto Castillo

2.1.2.2. Fuentes técnicas

Esta especificación cubre el agua de mezcla utilizada en la producción de hormigón de cemento hidráulico. En él se definen las fuentes de agua y proporciona los requisitos y las frecuencias de prueba para calificar las fuentes de agua individuales o combinadas. Agua

de amasado estará compuesto por: el agua de proceso por lotes, el hielo, el agua añadida por los operadores de vehículos, libre de humedad en los áridos y agua introducida en forma de mezclas. Se permite el agua potable y no potable para ser utilizado como agua de mezcla en el hormigón. Los siguientes son los requisitos de rendimiento de hormigón para el agua de mezcla: la fuerza y la hora de juego de la compresión. La densidad del agua se someterá a ensayo o controlarse con un hidrómetro. Límites químicos opcionales para agua de mezcla combinada se dan para: cloruro, sulfato, álcalis, y sólidos totales.

Este es un breve resumen de las normas referenciadas. Es informativo solamente y no forma parte oficial de la norma; El texto completo de las normas debe hacer referencia, a su uso y aplicación. ASTM C 1602/ C1602M y NTP (339.088 del 2014).

2.1.3. Cemento

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

Es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. Se excluyen las cales hidráulicas, cales aéreas y yesos.

2.1.3.1. Composición química

Las materias primas constituyentes del cemento son principalmente cal, sílice, alúmina y óxido de hierro. Durante el proceso de producción del cemento estos compuestos interactúan para luego formar una serie de productos más complejos (silicatos cálcicos, aluminatos cálcicos y ferritos) que alcanzan un estado de equilibrio químico, con la excepción de un residuo de cal no combinada la cual no ha tenido suficiente tiempo para reaccionar esta es la denominada cal libre.

Para obtener una idea general de la composición la siguiente tabla nos muestra los límites de la mezcla de los diferentes óxidos de cementos Portland.

Tabla N°3: Límites de composición aproximados para cemento Portland

| OXIDO | CONTENIDO (%) |
|--------------------------------|----------------------|
| CaO | 60 – 67 |
| SiO ₂ | 17 – 25 |
| Al ₂ O ₃ | 3 – 8 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.5 – 0.6 |
| MgO | 0.1 – 4.0 |
| Álcalis | 0.2 – 1.3 |
| SO ₃ | 1 – 3 |

Fuente: Ing. Flavio Abanto Castillo

2.1.3.2. Usos de los diferentes cementos portland

Los usos de los diferentes cementos portland obedecen a las diferentes propiedades físicas y químicas derivadas de sus procesos de hidratación, así como a la protección que pueden ofrecer al concreto elaborado con dichos cementos. Se acostumbra a que las comparaciones de los diferentes tipos se hagan con respecto al cemento tipo I.

A. Cemento Portland Tipo I

Se conoce como el cemento normal de uso común. Se emplea en todas aquellas obras para las cuales no se desea una protección especial, o las condiciones de trabajo de la obra no involucran condiciones climáticas severas ni el contacto con sustancias perjudiciales como los sulfatos. En este tipo de cemento el silicato tricálcico (C₃S) se encarga de generar una notable resistencia a edades tempranas, como consecuencia genera también la mayor cantidad de calor de hidratación. Por su parte el silicato dicálcico (C₂S) se encarga de generar resistencias a edades tardías. En este cemento los aluminatos se hidratan también de una forma rápida, pero con menor significancia en la resistencia final, sin embargo son compuestos potencialmente reactivos, pues en caso de la presencia de sulfatos en solución forman sulfoaluminatos, los cuales producen expansiones que llegan a desintegrar totalmente al concreto o a cualquier otro elemento en base de cemento.

B. Cemento Portland tipo II

Se conoce como cemento de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos, esto se explica por la disminución del silicato tricálcico y del aluminato dicálcico con respecto al cemento normal. El cemento tipo II se emplea en estructuras moderadamente masivas como grandes columnas o muros de concreto muy anchos, el objetivo es de evitar que el concreto se agriete debido a los cambios térmicos que sufre durante el calor de hidratación. También se aconseja usar este tipo de cemento en

estructuras donde se requiere una protección moderada contra la acción de sulfatos, como en cimentaciones y muros bajo tierra, donde la concentración de sulfatos no sea muy elevada.

C. Cemento Portland Tipo III

Se conoce como de resistencia rápida, este tipo de cemento se usa cuando hay la necesidad de desencofrar rápido con el objeto de acelerar con otros trabajos y poner en servicio la obra más pronto posible. La resistencia que desarrolla durante los primeros 7 días es notable debido principalmente a la presencia de silicatos tricálcicos y bajo contenido de silicato dicálcico. Además de la composición química, los cementos adquieren la propiedad de ganar resistencia rápidamente cuando la finura a la que se muele es mayor a la de los cementos normales.

D. Cemento Portland Tipo IV

De bajo calor de hidratación desarrolla su resistencia más lentamente que el cemento normal debido a los bajos contenidos de silicato tricálcico, por esta misma razón el calor que desarrolla durante la etapa de fraguado es mucho menor que el del cemento normal. El cemento tipo IV se emplea en la construcción de estructuras masivas como las presas de concreto, donde se requiere controlar el calor de hidratación a un mínimo con el objeto de evitar el agrietamiento.

E. Cemento Portland Tipo V

Resistente a los sulfatos se emplea en todo tipo de construcciones que estarán expuestas al ataque severo de sulfatos en solución o que se construirán en ambientes industriales agresivos. Estos cementos se consideran resistentes a los sulfatos debido a su bajo contenido de aluminato tricálcico, se caracterizan por su ganancia moderada de resistencia a edades tempranas, pero al igual que el cemento de bajo calor desarrolla buena resistencia a edades tardías gracias a sus altos contenidos de silicato dicálcico.

2.1.3.3. Propiedades del cemento portland

A. Hidratación y Fraguado (F. Pajares - 2015)

El proceso de **hidratación** del cemento Portland se inicia cuando el agua de mezcla entra en contacto con los granos de cemento, en este momento el grano de cemento se moja del exterior al interior y los principales compuestos químicos al igual que los compuestos secundarios reaccionan colaborando en diferente forma en la ganancia de resistencia y en la consecución de otras propiedades que caracterizan el cemento endurecido. Al principio la consistencia de la mezcla es aguada, pero con el tiempo la pasta (cemento más agua) se va rigidizando, a este proceso se le llama fraguado del cemento. Se destacan dos tipos de

fraguado en el cemento, el primero se llama fraguado inicial (en ese momento ya no se debe perturbar la pasta), el cual se produce aproximadamente a las 3 horas, el segundo se llama fraguado final, el cual se produce aproximadamente a las 7 horas, en este tiempo la pasta de cemento se ha endurecido totalmente (el fraguado inicial y el fraguado final se verifican por medio de pruebas de penetración con el aparato de Vicat), de manera que la estructura que se observa desde el exterior ya no cambia, sin embargo la estructura interna sufre una gran transformación a nivel microscópico.

B. Calor de Hidratación

Se llama calor de hidratación al calor que se desprende durante la reacción que se produce entre el agua y el cemento al estar en contacto, el contacto se puede llevar a cabo aún si el agua está en forma de vapor, por lo que es muy importante que el cemento esté protegido del medio ambiente ya sea en sacos o en silos, hasta el momento en que se le mezcle con el agua. El calor de hidratación que se produce en un cemento normal es del orden de 85 a 100 cal/g.

C. Fuentes técnicas

El cemento portland normal deberá de cumplir con los requisitos indicados en la Norma ASTM C 150 para los tipos I, II y V, los cuales se fabrican en el Perú. Alternativamente podrán emplearse los requisitos de la Norma NTP (334 039) para un cemento Portland tipo I, Norma NTP (334 038) para un cemento Portland tipo II, Norma NTP (334 044) para un cemento Portland tipo V.

2.1.3.4. Adhesivos (Brs: Paredes Lopez Cinthia Stefani y Reyes Cossio Carlos Edmundo)

Un adhesivo es un material no-metálico el cual es capaz de unir 2 sustratos mediante los mecanismos de adhesión (desarrollados entre el adhesivo y el sustrato) y los mecanismos de cohesión (desarrollados en el interior del propio adhesivo).

Tal y como expone la definición anterior, un adhesivo es un material no metálico, generalmente nos referimos a los adhesivos a materiales compuestos por polímeros orgánicos que se encuentran en un estado líquido cuando se aplican y se transforman en un estado sólido tras su posterior curado o endurecimiento. Continuando con la definición de adhesivo en cualquier unión adhesiva nos encontramos con el siguiente esquema:

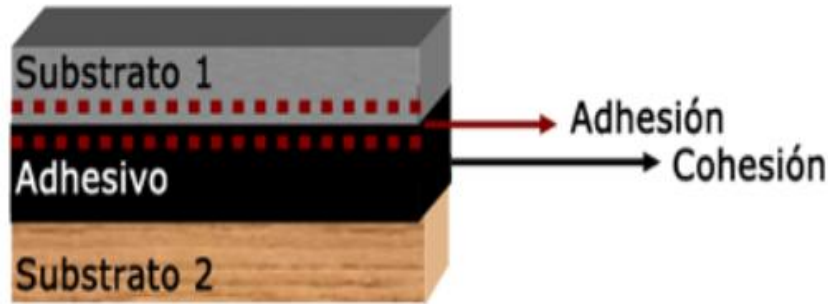


Imagen N°1: Adhesión entre Sustratos

Fuente: (Br_s: Paredes Lopez Cinthia Stefani y Reyes Cossio Carlos Edmundo)

De la imagen anterior y a la definición de adhesivo, necesitamos definir 3 conceptos importantes:

- **Sustrato o adherente:** Corresponde al material que pretendemos adhesivar o unir.
- **Adhesión:** Corresponde a todas las fuerzas o mecanismos que mantiene unido el adhesivo con cada sustrato, el término de adhesión hace referencia al conjunto de los mecanismos y fuerzas situadas en una fina capa (capa límite) existente entre el sustrato y el propio adhesivo.
- **Cohesión:** Corresponde a todas las fuerzas o mecanismos que mantiene unido el propio adhesivo.

Tanto en la definición de adhesión y cohesión se hace referencia a las fuerzas que permiten mantener unidas el adhesivo con el sustrato (adhesión) y el propio adhesivo (cohesión), dichas fuerzas corresponden a:

- Los enlaces químicos.
- Las fuerzas intermoleculares.

Los enlaces químicos covalentes se desarrollan entre los átomos permitiendo la creación de moléculas y polímeros, así mismo los enlaces químicos permiten unir diferentes cadenas poliméricas creando estructuras compactas y altamente reticuladas (materiales termoestables).

Las fuerzas intermoleculares ocurren entre moléculas permitiendo crear estructuras amorfas con una excelente elasticidad y deformabilidad.

Tanto los enlaces químicos como las fuerzas intermoleculares son los elementos de anclaje que mantienen unido el adhesivo con el sustrato (adhesión) y el propio adhesivo (cohesión).

Las uniones adhesivas presentan las siguientes ventajas con respecto a otros métodos de ensamblaje de materiales:

- Distribución uniforme de tensiones
- Rigidización de las uniones
- No se produce la distorsión del sustrato
- Permiten la unión económica de los distintos materiales
- Uniones selladas
- Monolitismo de la estructura

2.1.3.5. Tipos de Adhesivos

Adhesivos látex

Adhesivos Epóxicos (G.A. Archila Ortiz – 2007)

A. Adhesivos Látex: Los agentes Latex para concreto deberán cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C – 881 – 90, (especificaciones para el sistema de adherencia a base de resinas epóxicas). De los cuales tenemos:

- **Estructurales**

Los epoxis son adhesivos normalmente bicomponentes en forma de resina más activador. Una vez premezclados la polimerización comienza lentamente por lo que deben ser aplicados sobre las piezas a unir y mantener los sustratos en posición hasta alcanzada la resistencia requerida.

Los productos epóxicos se presentan en dos o más elementos. Las resinas y el endurecedor forman el sistema básico del material, mientras que el resto de los componentes son adiciones inertes para características determinadas y específicas. La resina es el adhesivo en sí, mientras que el endurecedor permite la reactividad y reticulación de las moléculas para formar la malla de pegado en el producto. Se emplean, por ejemplo, en mezclado de cimiento, colocación de anclajes y conectores en fundiciones, y en elementos de concreto armado en construcción de puentes. Lo que mejor define a esta clase de productos es la capacidad de adherir casi todos los materiales de construcción, independiente de las resistencias mecánicas, por eso son muy usados en refuerzos estructurales.

Los epóxicos tienen más de cincuenta años, pero el avance tecnológico en este campo es constante; actualmente se trabaja en productos que tengan características determinadas como la aplicación bajo agua o resistencia a bajas temperaturas y en especial la rapidez en el pegado.

Los epoxis empleados en aplicaciones estructurales deben ser curados a temperaturas altas o a temperatura ambiente con post-curado por calor. La ventaja del post-curado

como operación independiente, incluso en el caso de juntas ya curadas con temperatura moderada, es que puede ser realizado sin el uso de sistemas de sujeción o sistemas de calentamiento con prensas hidráulicas.

Las resinas epoxicas que se usan con este fin, deben cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C-881-90 (Especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas). Estos materiales pegarán superficies mojadas o húmedas. Con ellos es posible adherir metal, piedra y/o madera con el concreto.

- **No estructurales**

Sirven para pegar parches, impermeabilizar grietas, capas sobre puestas, estos poseen un registro de servicio muy bueno. Son básicamente utilizados para arreglos donde no se comprometa la estructura misma. Las especificaciones dadas para este tipo de materiales están contenidas en la norma ASTM C-1059-99, (Especificaciones estándares para agentes Látex para unir concreto viejo con concreto nuevo).

Dentro de los adhesivos no estructurales más utilizados en el mercado podemos mencionar:

- **Adhesivos para tabiques:**

Entre la gama de adhesivos de alto consumo se encuentran los destinados para tabiques, con una serie de variedades orientadas a la construcción, cabe mencionar que la utilización de este tipo de adhesivo no es recomendable para estructuras que no tengan una importancia estructural ya que esto podría comprometer a la estructura entre sí.

- **Adhesivos para molduras**

En esta línea de productos, las alternativas son tan variadas como los materiales sobre los que operan, desde moldura de yeso, de madera, poliuretano hasta el polietileno. En la medida en que se cambia el material, se debe utilizar el adhesivo específico pues las exigencias son distintas.

- **Adhesivos de revestimiento**

Este segmento tiene características particulares, pues los adhesivos que se incluyen en esta línea en numerosas ocasiones no solo deben tomar en cuenta factores técnicos y mecánicos, sino también considerar variables estéticas relacionadas con los materiales sobre los que van a operar.

B. Adhesivos epóxicos

Los epoxis son adhesivos normalmente bicomponentes en forma de resina más activador. Una vez premezclados la polimerización comienza lentamente por lo que deben ser

aplicados sobre las piezas a unir y mantener los sustratos en posición hasta alcanzada la resistencia requerida.

Los productos Epóxicos se presentan en dos o más elementos. Las resinas y el endurecedor forman el sistema básico del material, mientras que el resto de los componentes son adiciones inertes para características determinadas y específicas. La resina es el adhesivo en sí, mientras que el endurecedor permite la reactividad y reticulación de las moléculas para formar la malla de pegado en el producto. Se emplean, por ejemplo, en mezclado de cemento, colocación de anclajes y conectores en fundiciones, y en elementos de concreto armado en construcción de puentes. Lo que mejor define a esta clase de productos es la capacidad de adherir casi todos los materiales de construcción, independiente de las resistencias mecánicas, por eso son muy usados en refuerzos estructurales. Los epóxicos tienen más de cincuenta años, pero el avance tecnológico en este campo es constante; actualmente se trabaja en productos que tengan características determinadas como la aplicación bajo agua o resistencia a bajas temperaturas y en especial la rapidez en el pegado.

- **Usos del adhesivo epóxico.**

- **Anclajes y reparaciones**

Esta es una de las aplicaciones más frecuentes en las que se utilizan los adhesivos epóxicos, se observan en anclajes y reparaciones industriales por ejemplo en las estructuras dañadas por sismos. Sus usos van desde la inyección de grietas, la unión entre concretos hasta rellenos en general.

Este tipo de aditivo se observan en anclajes y reparaciones industriales por ejemplo en las estructuras dañadas por sismos.

Son utilizados también en el campo de pilotes para la vinculación de micropilotes con estructuras, cabezales y zapatas. Aquí lo importante es la alta resistencia, facilidad de preparación y colocación.

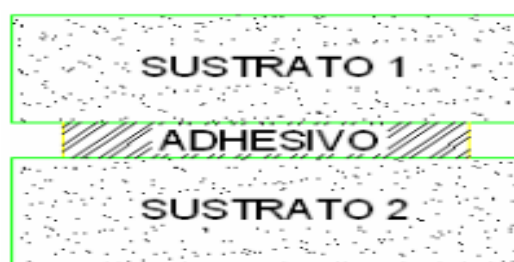


Imagen N°2: Esquema básico de la unión adhesiva

Fuente: (G.A. Archila Ortiz – 2007)

Cuando se diseña una unión adhesiva se pretende que la rotura no sea en ningún caso adhesivo, es decir, que la separación nunca se produzca en la interface sustrato adhesivo. Los modos de rotura adhesiva no son nunca predecibles, puesto que la magnitud de la fuerza de adhesión, como se verá en posteriores temas, depende de un gran número de factores rara vez controlables en su totalidad.

Por el contrario, sí se pueden conocer las características mecánicas del adhesivo y, por tanto, se pueden predecir las cargas a la rotura en modo cohesivo bajo diferentes tipos de esfuerzos. Una de las clasificaciones más empleadas se basa en el mecanismo de formación de la junta adhesiva. Así, se pueden distinguir dos grandes grupos de adhesivos.

- **Puentes de adherencia**

Dentro de estos podemos encontrar los Epóxicos llamados puentes de adherencia, esta es una de las líneas más importantes en las que se puede encontrar el adhesivo Epóxico. El principio del producto consiste en darle continuidad al proceso de fundición de una obra en construcción, porque este no se puede hacer de una forma constante y con este producto se puede dar continuidad monolítica.

2.1.3.6. Diseño y evaluación de las uniones adhesivas (Mario Madrid – LOCTITE España)

Los tecnólogos de la adhesión diseñan normalmente las formulaciones adhesivas para lograr que las fuerzas adhesivas sean siempre superiores a las cohesivas. De este modo, conociendo las propiedades mecánicas del adhesivo se puede evaluar y, por tanto predecir, el comportamiento mecánico de una unión adhesiva. Según este enfoque, las propiedades mecánicas de la unión pueden estudiarse en base a las propiedades mecánicas del adhesivo que la constituye.

Los fracasos más frecuentes cuando se emplean adhesivos son debidos al desconocimiento de los esfuerzos a que va a estar sometido el ensamblaje. De hecho, dentro de ciertos límites, es viable proceder mediante determinadas reglas empíricas para diseñar y obtener adhesiones correctas. Aun así, cuando los esfuerzos son complejos es indispensable tener en cuenta todos los factores que pueden influir.

En la práctica, esto quiere decir que la naturaleza y la magnitud de las tensiones que se esperan durante el servicio del ensamblaje deben conocerse antes de decidir el tipo de adhesivo que se debe emplear.

Los esfuerzos mecánicos actúan sobre los conjuntos ensamblados como esfuerzos de tracción, de compresión, de flexión, de torsión y de cortadura, provocando así las tensiones. Aun así, las tensiones no aparecen únicamente como consecuencia directa de

transmitir fuerzas o energías, sino que también se pueden dar por la aparición de fenómenos secundarios que acompañan a los cambios de temperatura. Esquemáticamente, podemos hablar de los siguientes tipos de sollicitaciones sobre las uniones adhesivas:

- Esfuerzos normales: de tracción y de compresión.
- Esfuerzos de cortadura o cizalla.
- Esfuerzos de desgarro.
- Esfuerzos de pelado.

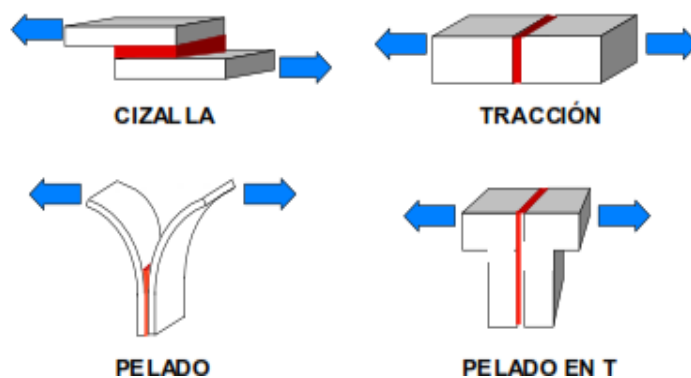


Imagen N°3: Sollicitaciones sobre las uniones adhesivas

Fuente: (Mario Madrid – LOCTITE España)

Para conseguir ensamblajes adheridos correctos hay que plantear durante la etapa de diseño un trazado que evite en lo posible esfuerzos que no sean de tracción o de cortadura en las uniones adhesivas.

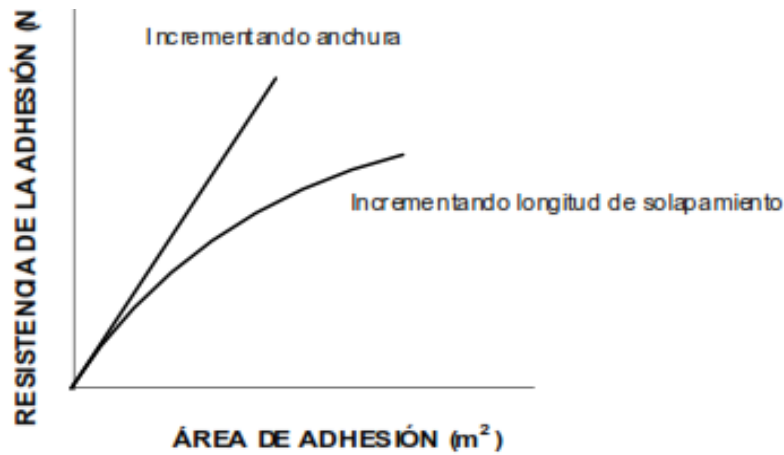
Un paso extremadamente importante durante el proceso de diseño de la junta adhesiva es establecer los requisitos de la aplicación. Propiedades como la resistencia a cortadura, la resistencia a impacto, la pérdida de resistencia por envejecimiento térmico, las tolerancias de montaje (holguras), la resistencia a la humedad, a nieblas salinas y a disolventes, los tiempos de manipulación requeridos y los límites aceptables para cualquiera de tales pruebas son ejemplos de características que deben ser especificadas.

Lo ideal es describir o identificar de forma fácilmente comprensible los métodos de prueba empleados para determinar las propiedades de la adhesión y del adhesivo a emplear, como hacen por ejemplo los ensayos normalizados de la ASTM y la ISO.

Tanto el diseño como la elección del adhesivo deben acomodarse a la aplicación, evitando en la medida de lo posible juntas adhesivas sobredimensionadas, que suelen encarecer de forma desproporcionada e innecesaria los costes de montaje. Los factores geométricos que se consideran en primer lugar son la anchura de la adhesión, la longitud de solapamiento y los espesores de adhesivo y sustratos. La resistencia a cortadura es

directamente proporcional a la anchura de solapamiento. Sin embargo, la relación entre longitud de solapamiento y resistencia a cizalla no es lineal, aunque se produce un incremento. Esto es debido a que las tensiones se acumulan en los extremos de la zona de solapamiento.

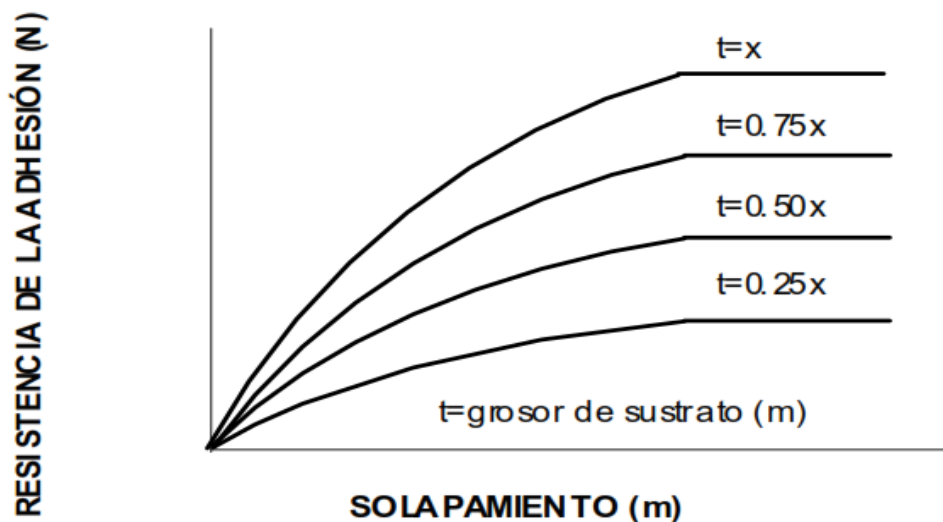
Grafica N° 1: Variación de la resistencia de la unión adhesiva incrementando anchura y longitud de solapamiento.



Fuente: (Mario Madrid – LOCTITE España)

La longitud y la anchura no son las únicas variables geométricas que influyen en la resistencia de la adhesión. La carga a partir del sustrato comenzará a deformarse plásticamente depende de la rigidez y grosor. Sucede con frecuencia que la resistencia de adhesión de dos piezas delgadas supera el límite elástico y la resistencia última de los sustratos.

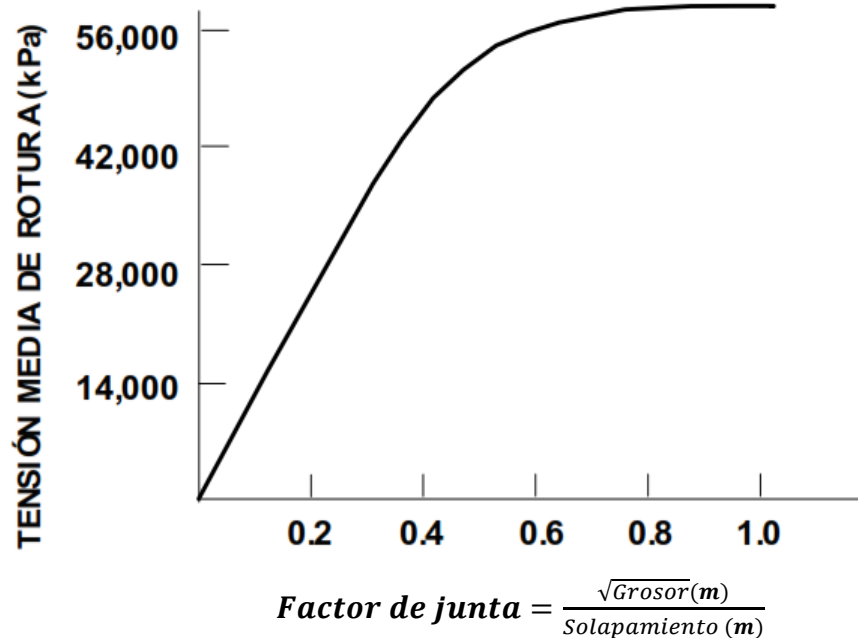
Grafica N°2: Variación de la resistencia de la unión adhesiva frente al solapamiento para diferentes grosores.



Fuente: (Mario Madrid – LOCTITE España)

De Bruine y Houwink analizaron la relación entre grosor, solapamiento y tensión, definiendo como "factor de junta" la relación entre la raíz cuadrada del grosor y la longitud de solapamiento.

Grafica N°3: Efecto del "factor de junta" sobre la resistencia de las uniones adhesivas.



Fuente: (Mario Madrid – LOCTITE España)

Algunas consideraciones de diseño importantes se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Utilizar siempre la mayor área posible, respetando las limitaciones de costo de la aplicación.
- Alinear correctamente las uniones de modo que las tensiones puedan ser absorbidas en la dirección de mayor resistencia de la unión.
- Maximizar los esfuerzos cortantes y minimizar los esfuerzos de pelado y desgarramiento.
- Diseñar subensamblajes de modo que se minimicen las operaciones de ensamblaje con adhesivo.
- Recordar que debemos anticiparnos a todas las posibles sollicitaciones que puedan aparecer durante las operaciones de manipulación, así como las que se puedan producir durante el funcionamiento de la pieza.
- Evitar partes con curvaturas complejas.

2.1.3.7. Fuentes técnicas.

Norma ASTM C-881-90, Standard Specification for Epoxy-Resins Base Bonding Systems for Concrete, (Especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas).

El alcance que pueda tener esta norma se refiere a que el método cubre la determinación de la fuerza del sistema a base de resina para el uso de cemento Portland. Este método trata de asegurar el endurecimiento del concreto viejo con el concreto recientemente mezclado.

La especificación cubre los dos componentes que se vinculan a una resina epóxica utilizada en juntas de concreto de cemento-portland, se puede utilizar en superficies húmedas. Es importante hacer notar el peligro que puede representar a la persona que manipule dichas resinas ya que debe de tenerse especial cuidado con las indicaciones de uso y manipulación del producto.

2.1.4. Morteros epóxicos

Se entiende por mortero epoxi al conglomerado que se forma al mezclar íntimamente arena y un aglomerante (resina); en este caso, una formulación epoxi. La formulación aglomerada al árido creando, creando gracias a su excelente adhesividad, un mortero de elevada resistencia. Esta resistencia depende de:

- Clase de árido empleado
- Relación de resina/ árido
- La granulometría del árido

Uno de los inconvenientes que siempre se les suele poner a los morteros epoxi es la cantidad de aglomerantes que hay que añadir para su confección. Esto lleva consigo que el precio de metro cubico de mortero sea excesivo. Desde este punto de vista, son particularmente interesante los morteros pobres, denominados morteros bajos en la mezcla de áridos exentos de finos con la misma cantidad de resina precisa para la confección y desde luego sin nada de cemento.

Por estimarlos económicos, dentro de sus excelentes cualidades por ende prestamos mayor atención en nuestro estudio sobre morteros, a este tipo particular donde se ha realizado toda una secuencia de ensayos destinados a conocer bien las características y funcionalidades de estos.

La necesidad de trabajar con morteros epóxicos cuya granulometría y dosis (resina: arena) cumplieran las mejores condiciones en cuanto a la manejabilidad, resistencia, química y

mecánica, lo mismo que un bajo costo; con el fin de ser utilizado en juntas, reparaciones estructurales y en general donde se pueda aplicar cuando se encuentre los problemas de deterioro de concreto. Para lograr los objetivos antes mencionados fue necesario recopilar la información acerca de los ingredientes de un mortero epóxico como son la resina y la arena; luego se efectuó una serie de ensayos en el laboratorio tales como resistencia a la compresión y ataques químicos; de los cuales se concluyó que el mortero epóxico preparado con la arena cuya relación se encuentra especificada en producto que se ha utilizado en la presente investigación.

El motivo del estudio del mortero epóxico es optimizar la economía, así como también la forma práctica de la mezcla y su aplicación en diferentes estructuras de concreto que sean necesarias. Por ende, buscamos del mortero epóxico que tenga una buena trabajabilidad en su estado plástico y desarrolle además la resistencia química y mecánica necesaria, para obtener un resultado satisfactorio se tendrá en cuenta el tipo de resina, la granulometría del agregado y sus proporciones necesarias.

En cuanto al producto utilizado en la presente investigación es “Chema Grout Epóxico NF” compuesto por tres componentes; la resina (A), el endurecedor o catalizador(B) y el agregado (arena de cuarzo- C), que se combina en una proporción de 3A, 2B, 25C

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, se expresa como el porcentaje de la masa seca. [NTP 400.021 - 2013]
- **Agregado:** Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están fijadas en los límites establecidos por la [NTP 400.011].
- **Agregado angular:** Son agregados que forman aristas bien definidas formadas por la inserción de superficies aproximadamente plana. [NTP 400.011 – 2008 (revisada el 2013)]
- **Agregado bien gradado:** Agregado cuya distribución de tamaño de partículas produce una densidad máxima, es decir minimiza los vacíos. [NTP 400.011 - 2013]
- **Agregado de granulometría abierta:** Agregado en el cual los vacíos son relativamente grandes una vez que el agregado se compacta. [NTP 400.011 - 2013]

- **Agregado fino:** Agregado extraído de rocas provenientes de la disgregación natural o artificial, que pasa por el tamiz normalizado 9.5mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos de la norma. [NTP 400.021 - 2013], [NTP 400.037]
- **Agregado global:** Es la mezcla de agregado fino y agregado grueso, normalizado por la norma. [NTP 400.011 – 2008 (revisada el 2013)]
- **Agregado grueso:** Agregado grueso retenido por el tamiz N°4 (4.75 mm) que cumple con los límites establecidos de la [NTP 400.037], proveniente de la disgregación natural o artificial de las rocas. [NTP 400.011 - 2008]
- **Agregado que pasa:** Por un tamiz determinado expresado generalmente en peso o en porcentaje siempre que no retenga más de 5% en 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 peso del material tamizado. [NTP 400.011 –revisada el 2013]
- **Aire accidental:** Vacíos de aire presentes en las pastas de morteros u hormigones, no introducidos en su forma intensional 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 por la pulverización del Clinker de portland compuestos esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene 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 mediante una forma llamada (chuzar). [NTP 339.047- 2006]
- **Concreto de peso normal:** Tipo de concretos producido con agregados de densidad normal, frecuentemente piedra triturada o grava, y que tiene una densidad aproximada de 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 de 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 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 cubico (libras por pie cubico). [NTP 400.021 - 2013]
- **Densidad de masa del agregado:** Masa de una densidad de volumen de la masa material del agregado, en que el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre partículas, expresados 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 adecuada. [NTP 400.021 - 2013]
- **Dosificación:** Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción a la mezcladora para una cantidad de concreto, [NTP 339.047 - 2006]
- **Durabilidad:** Capacidad del concreto, mortero o revoque de cemento portland a resistir a la accion de la interperie y otras condiciones de servicio, tales como ataque quimico, congelación – deshielo y abrasión. [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 de una masa representativa, todo este ensayo se hace en el cono de Abrams. [NTP 339.047 - 2006]
- **Fraguado:** Condicion alcanzada por una pasta, mortero u hormigón (concreto) de cemento cuando ha perdido plasticidad a un grado convesional, 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]

- **Módulo de elasticidad:** Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente para esfuerzos de tensión o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. También conocido como módulo de Young (E) [NTP 339.047 - 2006]
- **Módulo de finura:** Factor que se obtiene de la suma de los porcentajes acumulados del material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por cien (100). [NTP 400.011 – 2008 – revisada el 2013]
- **P H:** Símbolo químico que representa el logaritmo del recíproco de la concentración de iones de hidrógeno en átomo gramo por litro, usado para obtener la acidez y la alcalinidad de una solución a una escala de 0a 14. [NTP 339.047 - 2006]
- **Piedra triturada o chancada:** Se denomina así, al agregado grueso obtenido por la trituración de rocas o gravas. [NTP 400.011 - 2008]
- **Plasticidad:** Aquella propiedad de la pasta, concreto o mortero que determina la trabajabilidad de una mezcla. [NTP 339.047 - 2006]
- **Relación agua – cemento:** Relación de la cantidad de agua entre la cantidad de cemento en la masa del concreto. [NTP 339.047 - 2006]
- **Rendimiento:** Volumen por amasada de concreto que se expresa en metros cúbicos. [NTP 339.047 - 2006]
- **Saturado superficialmente seco:** Es la relación de partículas del agregado, es la condición en que los poros permeables de las partículas del agregado están llenos de agua hasta el punto en que han alcanzado, por la inmersión de agua, durante un periodo determinado, pero sin contener agua libre en la superficie de las partículas. [NTP 400.022 - 2013]
- **Secado al horno:** Son las partículas del agregado en condición que se han secado por calentamiento al horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas. [NTP 400.022 - 2013]
- **Segregación:** Separación de los componentes del concreto fresco, resultando 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 del agregado grueso. [NTP 400.011 - 2008]

- **Tamaño máximo nominal del agregado:** Es el que corresponde al tamiz inmediatamente superior al tamiz que retiene un porcentaje mayor al 15%. [NTP 400.011 – 2008 – revisada el 2013]
- **Trabajabilidad:** Es la facilidad que tiene una mezcla de concreto para su moldeo, colocación o acabado. [NTP 339.047 - 2006]
- **Vacíos:** Son los espacios libres de las partículas en una masa de agregado o en una mezcla de concreto. [NTP 400.017 – 2011]

CAPÍTULO

III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó en el laboratorio de ensayo de materiales “Carlos Esparza Díaz”, en la Facultad de Ingeniería – edificio 1C, con dirección Av. Atahualpa N° 1050, en los meses de Diciembre 2016 – Mayo 2017.

3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo de Investigación.

Tabla N°4: Tipo de la investigación

| CRITERIO | TIPO |
|---------------------------------|--------------------------|
| Finalidad | Aplicada |
| Estrategia o enfoque metodólogo | Cuantitativa |
| Objetivos | explicativa |
| Fuente de datos | Primaria |
| Diseño de prueba de hipótesis | Experimental |
| Temporalidad | Transversal (sincrónica) |
| Contexto donde se desarrolla | Laboratorio |
| Intervención disciplinaria | Unidisciplinaria |

Fuente: Tesista

3.2.2. Diseño y nivel de Investigación

Por la naturaleza de las variables será una investigación de diseño experimental, con un solo factor de control modificable, el cual será el uso de “Chema Grout Epóxico NF” para la unión de concretos de diferente edad, con pruebas de resistencia mecánica a compresión en estado endurecido a los 7,14 y 28 días.

3.2.3. Variables:

Variable independiente: Uso de mortero Epóxico “Chema Grout Epóxico NF”.

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

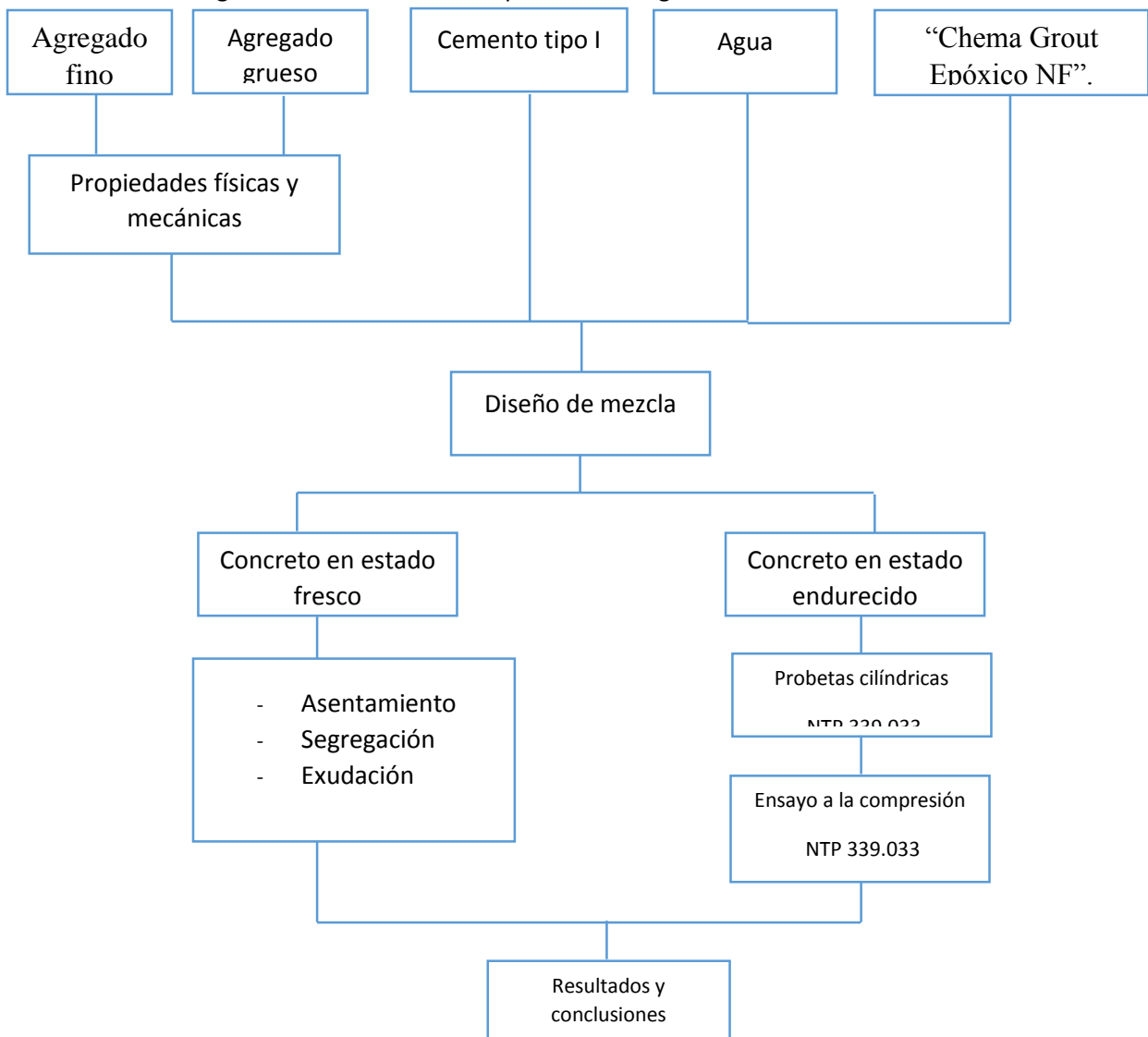
La unidad de análisis de esta investigación denominada como “espécimen de concreto”, que es el término correcto que debe de llamarse, sin embargo en el mundo de la

construcción es más conocida como “probeta”. Por lo tanto la población de estudio fue un conjunto de especímenes de concreto con un total de 120 especímenes, 60 especímenes cilíndricos de muestra (patrón) ensayados a los 7,14 y 28 días.

30 especímenes diseñados con una inclinación de 30° y 30 especímenes diseñados con una inclinación de 45°, dichos especímenes fueron unidos con el mortero epóxico “Chema Grout Epóxico NF”. Ensayados cada 7, 14 y 28 días.

3.3. DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Cuadro N° 1: Diagrama de Procedimientos para la investigación



Fuente: Tesista

3.4. CANTERA DE ESTUDIO

3.4.1. Ubicación:

Los agregados de estudio se obtuvieron de la Planta de Chancado “Roca Fuerte” propiedad del ingeniero José Acosta, los agregados son extraídos del río Chonta, ubicado en el distrito de Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca. Geográficamente en las coordenadas UTM según Datum WGS-84, ubican a la cantera en la Franja 17M con coordenadas: 0779671 Este y 9207551 Norte, a una altitud de 2650 m.s.n.m.

3.4.2. Geología (I Vásquez G - 2015)

La zona de la cantera está constituida por depósitos Fluviales siendo considerados a los materiales que lo encontramos dentro y fuera del cauce de los ríos Mashcón y Chonta, constituyendo además los depósitos que se han formado su desarrollo geológico reciente. Están compuestos mayormente por cantos rodados hasta 25” a 30”, gravas, arenas gruesas y finas, de forma plana, semiesférica y semiangular, los semiangulosos se encuentran erosionados sus bordes. Estas geoformas de los cantos nos indican la distancia y origen de los materiales que fueron erosionados y transportados por éstos dos ríos que cruzan la ciudad de Baños del Inca, encontrándose en sus lechos cantos de rocas volcánicas traquíitas y andesítas, calcáreas, margas, graníticas, cuarzosas, formando así los depósitos para mencionada cantera.

3.4.3. Obtención de los agregados: (I Vásquez G - 2015)

Los agregados utilizados para el desarrollo de la presente investigación, fueron extraídos y vendidos de las márgenes del río Chonta de 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”.

3.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO – (Ing. José Candisano Universidad Nacional de Cuyo – Argentina)

3.5.1. 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.

Del estudio de las propiedades de los agregados depende de un buen diseño de mezcla por ende un resultado positivo en los procesos constructivos que dependa de la tecnología del concreto.

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

3.5.2. 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:**

En la industria de la construcción, es importante la adecuada selección y uso de los materiales, ya que éstos son los cuerpos que integran la obra, cualquiera sea su naturaleza, composición o forma. Entre algunos de estos materiales se encuentran los morteros y concretos, para su elaboración es necesario agua, cemento y agregados. Estos últimos son materiales generalmente inertes, naturales o no, que se encuentran de forma estable. Los agregados pueden ser finos o gruesos. Los agregados finos (arenas) son aquellos que pasan por el tamiz 3/8'' y son retenidos en el #200, y los agregados gruesos (piedras) son aquellos que pasan por el tamiz 3'' y son retenidos en el #4.

Para la obtención de estos últimos agregados es necesario la explotación o extracción, que puede ser a cielo abierto o subterránea. Antes de la explotación de un mineral, debe realizarse la exploración del yacimiento, estableciendo así su naturaleza, su estructura geológica y su grado de consistencia económica, dentro de esta fase también es posible comprobar la existencia del material a ser explotado y sus posibilidades industriales.

Una vez realizada la exploración, si en el yacimiento existe la presencia del mineral y es económicamente factible su explotación, se procede a escoger el método que mejor convenga, como por ejemplo: el desbrozo o desmonte, ataque por la parte superior, arranque de las piedras y otros métodos.

Tabla N°5: 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:** la extracción de las muestras se hizo respetando lo antes mencionado, 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.
- Del mismo modo se hizo con el agregado fino, teniendo especial cuidado que no tenga presencia de finos y otros elementos perjudiciales.

Luego fueron trasladados a las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNC.

3.5.3. Reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayo

Las muestras de agregados debes ser adecuados para cada tipo de prueba, éstas han sido reducidas a sus respectivos pesos que indica la norma para sus ensayos los cuales están descritos en la NTP 400.043 o su equivalente la Norma ASTM C 702.

A continuación se indica el procedimiento llevado a cabo para su selección.

➤ **Procedimiento:** se tomó parte del material luego se colocó en una superficie libre de impurezas que puedan contaminar al material, luego se removió por repetidas veces el material con la ayuda de una palana para luego formar un montículo y en seguida aplicando el método del cuarteo.

3.5.4. Granulometría

3.5.4.1. Granulometría del agregado grueso

Viene a ser la relación entre la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en cada uno de los tamices (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100) dividido por 100.

$$mf = \frac{\% \text{ ret. acum. malla}(3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ} 4)+500}{100} \dots (1)$$

El agregado grueso debe tener una granulometría comprendida dentro de los límites indicados en las Normas NTP 400.037 o la ASTM C33.

Tabla N°6: 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 (2½ pulg) | 50 mm (2 pulg) | 37.5 mm (1½ pulg) | 25.0 mm (1 pulg) | 19.0 mm (¾ pulg) | 12.5 mm (½ pulg) | 9.5 mm (3/8 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 (3½ pulg a 1½ pulg) | 100 | 90 a 100 | ... | 25 a 60 | ... | 0 a 15 | ... | 0 a 15 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2 | 63 mm. a 37.5 mm (2½ pulg a 1½ 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 (1½ 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 (1½ 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 3/8 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 3/8 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 (3/8 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 (3/8 pulg a N° 16) | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 5 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 |
| 9 | 4.75 mm. a 1.18 mm (N° 4 a N° 16) | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 100 | 85 a 100 | 10 a 40 | 0 a 10 | 0 a 5 |

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.

3.5.4.2. Granulometría del agregado fino

Viene a ser la relación entre la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en cada uno de los tamices (N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100) dividido por 100.

$$mf = \frac{\% \text{ ret. acum. malla (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100} \dots (2)$$

Los valores de M.F. deben ser menor a 2.3 ni mayor a 3.1, para el agregado fino.

El agregado fino debe tener una granulometría comprendida dentro de los límites indicados en las Normas NTP 400.037 o la ASTM C33. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N°4 a N°100. Se recomienda para el agregado los siguientes límites.

Tabla N°7: Requisitos 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

3.5.4.3. Análisis Granulométrico de los agregados

El método utilizado para determinar la granulometría del agregado Fino y Grueso fue el de Cribado o tamizado, este método se utilizó para determinar la distribución aproximada de las partículas de los agregados. Para desarrollar el ensayo se deben reducir las muestras hasta tamaños apropiados para la prueba. Los procedimientos son descritos en la norma NTP 400.012, también 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 secó la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$.

b) 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.

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

Los agregados deben cumplir 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°8: 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 $75\text{ }\mu\text{m}$ (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:

$$A = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100 \text{ ----- (3)}$$

Dónde:

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

P1 = Masa de la muestra seca (g)

P2 = Masa seca de la muestra luego del lavado (g)

3.5.4.5. Tamaño máximo del agregado grueso – (Carlos Alfonso Lopez Garrido – Lima)

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.

3.5.5. 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.

3.5.6. Módulo de finura

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.

3.5.7. Masa por unidad de volumen (Densidad de masa)-(B.D. Maza Idrogo – 2017)

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°9: 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 0.005 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:

$$D = \frac{P_1 - P_2}{V} \text{ ----- (4)}$$

Donde:

D = Densidad del agua para ña 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:

$$V = \frac{(W-M)}{D} \text{ ----- (5)}$$

$$F = \frac{D}{(W-M)} \text{ ----- (6)}$$

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.

$$PU = \frac{(G-M1)}{V} \text{ ----- (7)}$$

$$PU = (G - T) \times f \text{ ----- (8)}$$

Donde:

PU = Densidad de masa del agregado, kg/m³

G = Masa del recipiente y agregado, kg

M1 = 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:

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{\{(S \times W) - M\}}{(S \times V)} \times 100 \text{ ----- (9)}$$

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

3.5.8. Densidad relativa y absorción (F. Pajares - 2015)

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.

3.5.8.1. Determinación de la gravedad específica 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 $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

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

a) Se secó la muestra de ensayo en una estufa hasta una masa constante a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C}$, 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 $110 \text{ }^\circ\text{C}$, se enfrió en aire a temperatura ambiente durante 3 h, hasta que el agregado se volvió manipulable y se determinó su masa.

a) Gravedad Específica (F. Pajares - 2015)

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

$$\text{Gravedad Específica en Estado Seco al Horno} = \frac{A}{(B-C)} \text{ ----- (10)}$$

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:

$$\text{Gravedad Específica en Estado Saturado Superficialmente Seco} = \frac{B}{(B-C)} \text{ ----- (11)}$$

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

$$\text{Gravedad Específica Aparente} = \frac{A}{(A-C)} \text{ ----- (12)}$$

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

$$\text{Absorción \%} = \left[\frac{(B-A)}{A} \right] \times 100 \text{ ----- (13)}$$



Imagen N° 4: Secado del agregado grueso para el PUSS

3.5.8.2. Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino (B.D Maza Idrogo – 2017)

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, la diferencia 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 cm^3 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.

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:

$$\text{Gravedad Específica en Estado Seco al Horno} = \frac{A}{(B+S-C)} \text{ ----- (14)}$$

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:

$$\text{Gravedad Específica en estado Sat. Superficialmente Seco} = \frac{S}{(B+S-C)} \text{ ----- (15)}$$

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

$$\text{Gravedad Específica Aparente} = \frac{A}{(B+A-C)} \text{ ----- (16)}$$

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

$$\text{Absorción \%} = \left[\frac{(S-A)}{A} \right] \times 100 \text{ ----- (17)}$$

3.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS ADHESIVOS EPÓXICOS

3.6.1. GROUT EPÓXICO NF

3.6.1.1. DESCRIPCIÓN:

El CHEMA GROUT EPÓXICO NF es un sistema epóxico de tres componentes 100% sólido de altas resistencias mecánicas y consistencia fluida, diseñado para el anclaje de máquinas, nivelador y como base de maquinaria pesada, en la construcción utilizada para unión de concreto como “Mortero Epóxico”.

Pegamento epóxico compuesto por resinas epóxicas y agregado de cuarzo, diseñadas para una alta adherencia y resistencia mecánica. Asegura una unión perfecta entre concreto fresco y endurecido, concreto con metal y otros.

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

3.6.1.2. USOS:

- Anclaje de pernos y varilla para maquinaria y estructuras.
- Para el anclaje de precisión de maquinaria y como base para equipo pesado.
- Soporte de maquinaria y equipos pesados como: bombas, motores, compresores, molinos, etc.
- Como puente de adherencia entre concreto fresco y endurecido.
- Unión de pre fabricado 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.

3.6.1.3. VENTAJAS:

- Altas resistencias mecánicas, superiores a la de los grouts metálicos.
- Altas resistencias mecánicas tempranas, a la compresión, flexión.
- Buena fluidez.
- Rápido curado, incluso a bajas temperaturas.
- No genera contracción.
- Alta resistencia química.
- Excelente soporte de carga.
- Excelente adherencia.
- Producto 100% sólidos.
- Pronta puesta en marcha de los equipos anclados.
- Resistencia a los aceites y grasas.
- Kit pre dosificado listo para usar. Asegura una unión monolítica entre concretos de distintas edades.

3.6.1.4. DATOS TÉCNICOS:

Tabla N°10: características físico químicas de CHEMA GROUT EPÓXICO NF

| | |
|--|------------------|
| Componente A | Resina |
| Componente B | Endurecedor |
| Componente C | Mix de agregados |
| Color de la mezcla | Gris |
| Densidad de la mezcla (kg/l) | 2.0 – 2.1 |
| Vida útil de la mezcla (minutos) | 45 aprox* |
| Relación de mezcla en peso (kg) | 3A , 2B, 25C |
| Fluidez (%) | 250 – 300 |
| Resistencia a la Compresión (kg/cm²) | |

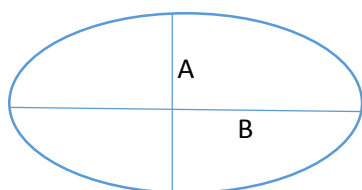
| | |
|--------------------|---|
| 1 día | 750* |
| 7 días | 850* |
| 28 días | 900* |
| Rendimiento | 2.0 kg de Chema Grout Epóxico NF por litro de relleno |

- * estos valores pueden variar de acuerdo a la temperatura y humedad relativa.
- **Fuente:** Hoja Técnica CHEMA GROUT EPÓXICO NF

3.6.1.5. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DEL MORTERO EPÓXICO HECHO EN EL LABORATORIO.

Para encontrar el rendimiento del mortero epóxico se utilizó como base el área de una elipse para luego convertirlo a m², se tomó como referencia a ésta área ya que es los más apropiados en la aplicación de los especímenes de 30 ° y 45 ° grados.

Área de la elipse: $A = \pi AB$ ----- (18)



- Tenemos la relación de mezcla en peso que nos brinda la hoja técnica donde nos indica que: 3A, 2B, 25C en peso.
- Los siguientes pesos se ha tomado para el diseño de 12 especímenes.
 - 3A = 225 g
 - 2B = 150 g
 - 25C = 1875 g
- Área del espécimen con inclinación de 30°, donde el diámetro mayor 19cm y el diámetro menor 10.2 cm.

$$A = \pi AB$$

$$A = \pi * 9.5 * 5.1 = 152.2 \text{ cm}^2$$

Para 12 especímenes tenemos.

$$A = \pi * 9.5 * 5.1 = 152.2 \text{ cm}^2 * 12 = 1826.52 \text{ cm}^2 = 0.18265 \text{ m}^2$$

Por lo tanto para: 1m² equivale a 12.32 kg de la mezcla de mortero epóxico, donde el espesor de la junta de mortero epóxico es de 0.5 cm.

3.6.1.6. PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO:

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

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE:

- Se debe preparar la superficie mecánicamente con un escarificador, desbastador o cualquier herramienta que exponga el agregado grueso del concreto.
- La superficie a aplicar debe estar limpia, seca y libre de polvo grasa u otro elemento extraño. Se debe remover todo concreto deteriorado, suelto o débil. El concreto nuevo debe tener un mínimo de 28 días, la superficie debe estar libre de cualquier elemento que impida una concreta adherencia.

PREPARACIÓN DEL PRODUCTO:

- Mezclar los componentes A y B por el lapso de 2-3 minutos con ayuda de un mezclador o un taladro de bajas revoluciones (400-600rpm) cuidando de no incorporar aire durante el mezclado hasta obtener una mezcla homogénea.
- Luego adicionar lentamente el componente C y mezclar hasta obtener un mortero uniforme y de esta manera asegurar la reacción química adecuada.

APLICACIÓN

- Una vez obtenido una mezcla uniforme proceder de inmediato al vaciado del producto, tomando en cuenta que la reacción química de curado ya empezó y está directamente influenciada por la temperatura ambiente (ver líneas arriba del tiempo de vida útil de la mezcla).
- Verter el producto alrededor de la estructura que se va a anclar, el producto llenará los huecos debido a su fluidez.
- Para que fluya mejor bajo bases metálicas de equipos, se recomienda ayudarlo con cadenas, varillas o cables para la colocación.
- El tiempo de curado del grout está directamente influenciado por la temperatura del ambiente, del equipo y la temperatura del concreto, a mayor temperatura se acorta el tiempo de vida útil y a menor temperatura se prolonga.
- El nivel final del grout debe ser superior al nivel de la superficie inferior de la placa base.
- Proporcione sombra y protección de la luz directa del sol por lo menos 24 horas antes y 48 horas después del vaciado del CHEMA GROUT EPÓXICO NF.

LIMPIEZA

- Lavar inmediatamente los materiales y equipos utilizados con DISOLVENTE EPOXY CHEMS.

RENDIMIENTO

El rendimiento es 2 kilos de CHEMA GROUT EPÓXICO NF por litro de relleno. El kit de 30 Kg. rinde 15 litros de relleno.

PRESENTACIÓN

Kit por 30 Kg. (Código 02021003)

- Componente A: 3Kg. envase de hojalata.
- Componente B: 2Kg. envase de hojalata.
- Componente C: 25Kg. bolsa de papel plastificado.

ALMACENAMIENTO

De almacenarse en un lugar fresco, ventilado y sellado bajo techo el tiempo de vida útil será de 18 meses.

3.6.1.7. PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES:

- No use sobre concreto congelado.
- No se recomienda aplicarlo por debajo de 15°C.
- Acondicionar el producto a 25 °C antes de su empleo.
- No se debe preparar más resina de la que se pueda aplicar en el tiempo de vida útil de la mezcla.
- No altere las proporciones de resina y endurecedor.
- Evitar que los componentes del producto permanezcan bajo los rayos solares.
- Evite la preparación e instalación del producto directamente bajo el sol.
- El producto debe ser aplicado por personal calificado y siguiendo las instrucciones de esta hoja técnica.
- Una vez mezclados los componentes se inicia una reacción exotérmica y si se mantiene en el envase puede generar gran cantidad de calor.
- Para mayor información remitirse a la Hoja de Seguridad.

Producto tóxico, NO INGERIR.

Mantener el producto fuera del alcance de los niños, no comer ni beber mientras manipula el producto, luego de manipular lavarse las manos.

Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo.

Evitar el contacto con la piel y ojos, en caso que ocurra, lávese con abundante agua. Si es ingerido no provocar al vómito, solicitar ayuda médica inmediata.



Imagen N° 5: Chema Grout Epóxico NF.

Fuente: hoja técnica Chema Grout Epoxic NF.

3.7. 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.



Imagen N° 6: Cemento Pacasmayo Tipo I

Fuente: Hoja técnica cemento Pacasmayo.

3.8. 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.

3.9. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS Y ELABORACIÓN DE PROBETAS.

3.9.1. Requerimientos del concreto considerados para el diseño de mezclas

Las características del concreto han de ser 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)

3.9.1.1. 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.

3.9.1.2. 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.

3.9.1.3. Resistencia requerida

Para el diseño de mezclas y ajuste de proporciones de los especímenes cilíndricos de concreto, se consideró una resistencia de 210 Kg/cm², ya que esta resistencia ayudó a verificar con la unión del mortero epóxico.

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

3.9.1.4.1. 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 3.12 gr/cm³, en la presentación de color verde brindándonos una resistencia inicial rápida a la resistencia requerida, por tanto se ha tomado el valor mencionado para los posteriores diseños.

3.9.1.4.2. 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°11: Resumen de las propiedades de los agregados a ser empleados en la mezcla de concretos

| Agregados : Características | A. FINO | A. GRUESO |
|---|----------------|------------------|
| Módulo de finura | 2.96 | 6.93 |
| T.M.N | ----- | 1/2" |
| Peso específico de Masa (gr/cm3) | 2.55 | 2.54 |
| Peso específico superficialmente seco (gr/cm3) | 2.58 | 2.57 |
| c. Peso específico aparente (gr/cm3) | 2.64 | 2.60 |
| Absorción (%) | 1.24 | 0.93 |
| Contenido de Humedad (%) | 4.95 | 1.15 |
| Abrasión (%) | ----- | 27.61 |
| Peso unitario seco suelto (kg/m3) | 1558.62 | 1458.70 |
| Peso unitario seco compactado (kg/m3) | 1740.96 | 1557.49 |

Fuente: Tesista

3.10. PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCIÓN DE LAS PROPORCIONES DEL CONCRETO POR EL MÉTODO DE MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS.

Con este método se intenta la combinación de agregados para diversos fines, por ejemplo, para mejorar un agregado con uno de mejor calidad de modo que el agregado combinado resulte aceptable, o para corregir las deficiencias en la gradación que puedan tener.

Un problema que se presenta a menudo es el de determinar en qué proporción mezclar dos o más materiales para cumplir una cierta gradación que cumpla con los requisitos establecidos por las normas, para los tamices que especifica esta.

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. Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a compresión especificada.

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

$$f'cr = (210 * 1.2) \text{ kg/cm}^2 = 252 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\text{Aire} = 2.5\%$$

6. Selección de la relación agua/cemento por resistencia (Tabla N° 46)

$$\frac{a}{c} = 0.585$$

7. Determinación del Factor cemento.

$$\text{Cemento} = \frac{216 \text{ kg/m}^3}{0.585} = 369.23 \text{ kg/m}^3 \quad \text{N}^\circ \text{ bolsas} = \frac{369.23 \text{ kg/m}^3}{42.50 \text{ kg/bls.}} = 8.68 \text{ Bolsas/m}^3$$

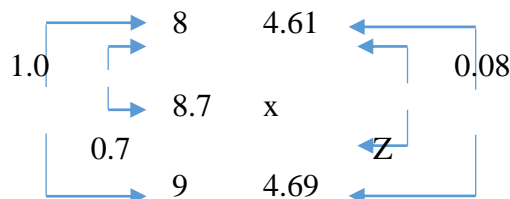
8. Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire (Volumen de la pasta)

$$\text{Volumen de la Pasta} = \frac{216 \text{ lt}}{1000 \text{ kg/m}^3} + \frac{369.23 \text{ kg}}{3120 \text{ kg/m}^3} + \frac{2.50 \text{ m}^3}{100} = 0.359 \text{ m}^3$$

9. Determinación del volumen absoluto de agregados.

$$\text{Volumen de la Pasta} = 1.000 \text{ m}^3 - 0.359 \text{ m}^3 = 0.641 \text{ m}^3$$

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



$$Z = x - 4.61$$

$$X - 4.61 = \frac{0.7 \times 0.08}{1.00} = 4.66$$

$$\text{mfca} = X = 4.66$$

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

$$\%AF = \frac{6.93 - 4.66}{6.93 - 2.96} \times 100\% = 57.17\%$$

$$\%AG = 100.00\% - 57.17\% = 42.82\%$$

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

Tabla N°12: Valores de diseño para la mezcla de prueba

| | | | |
|-----------------|---|------------------------|--------------------------|
| Cemento | = | 0.118 m ³ = | 369.20 kg/m ³ |
| Agua de diseño | = | 0.216 m ³ = | 216.00 lt/m ³ |
| Agregado fino | = | 0.366 m ³ = | 933.90 kg/m ³ |
| Agregado grueso | = | 0.275m ³ = | 698.50 kg/m ³ |

Fuente: Tesista

3.10.1. Elaboración de la mezcla de prueba:

Para la elaboración de la mezcla de prueba se realizó con el primer diseño realizado y con la resistencia tomada para los posteriores diseños y ajustes.

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

Tabla N°13: Valores de diseño para la mezcla de prueba.

| | | |
|-----------------|---|--------------------------|
| Cemento | = | 369.20 kg/m ³ |
| Agua de diseño | = | 216.00 lt/m ³ |
| Agregado fino | = | 933.90 kg/m ³ |
| Agregado grueso | = | 698.50 kg/m ³ |

Fuente: Tesista

Corregimos por humedad a los áridos para encontrar nuevos valores de diseño.

Tabla N°14: Valores de diseño para la mezcla corregidos por humedad.

| | | | | |
|----------------------|---|-----------------------------------|---|--------------------------|
| Cemento | = | 369.20 kg/m ³ | = | 369.20 kg/m ³ |
| Agua efectiva | = | 216.00 lt/m ³ | = | 179.70 lt/m ³ |
| Agregado fino húm. | = | 700.10x(4.95 %) kg/m ³ | = | 980.20 kg/m ³ |
| Agregado grueso húm. | = | 914.20x(1.15%) kg/m ³ | = | 706.50 kg/m ³ |

Fuente: Tesista

Con estos valores se procedió a determinar la cantidad de material a emplearse para tres especímenes cilíndricos los cuales tienen un volumen aproximado de 0.0058m³ cada uno para una tanda de 03 especímenes tenemos 0.0174m³, considerando los desperdicios que pueda acarrear el mezclado y llenado de moldes, por ende tenemos los pesos de los materiales.

Tabla N°15: Valores por tanda para las probetas de prueba

| | | |
|-----------------|---|----------------|
| Cemento | = | 2.07 kg/tanda |
| Agua de diseño | = | 1.006 lt/tanda |
| Agregado fino | = | 5.489 kg/tanda |
| Agregado grueso | = | 3.95 kg/tanda |

Fuente: Tesista

3.10.2. Procedimiento realizado para el ajuste de las proporciones

Verificados los resultados anteriores de tendrá que realizar los ajustes con los datos tomados el diseño anterior.

1. Determinación de las características de la mezcla de prueba.**Tabla N°16:** Características de las muestras de prueba

| | | |
|--|---|---------------------------|
| Apariencia | = | Sobre arenosa |
| Asentamiento | = | 8.00 cm |
| Agua adicional | = | 50.00 cm ³ |
| Contenido de aire | = | 0.00014 % |
| Peso unitario del concreto fresco = | | 2304.29 kg/m ³ |

Fuente: Tesista

2. Tanda de mezclado**Tabla N°17:** Pesos para tres especímenes de 6''x12''

| | | |
|-------------------------|---|-----------------------|
| Cemento | = | 7.38 kg/tanda |
| Agua añadida | = | 3.64 lt/tanda |
| Agregado fino húmedo | = | 19.60 kg/tanda |
| Agregado grueso húmedo | = | 14.13 kg/tanda |
| Peso de la Tanda | = | 44.76 kg/tanda |

Fuente: Tesista

3. Rendimiento de la Tanda

$$R = \frac{44.76 \text{ kg/tanda}}{2304.29 \text{ kg/m}^3} = 0.019426 \text{ m}^3/\text{tanda}$$

4. Agua de mezclado por tanda.**Tabla N°18:** Aporte de agua de los materiales

| | | |
|-----------------------------------|---|----------------------|
| Aporte del agregado fino | = | 0.69 lt/tanda |
| Aporte del agregado grueso | = | 0.03 lt/tanda |
| Agua añadida | = | 3.64 lt/tanda |
| Agua de mezclado por tanda | = | 4.36 lt/tanda |

Fuente: Tesista

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

$$\text{Agua} = \frac{4.36 \text{ lt/tanda}}{0.019426 \text{ m}^3/\text{tanda}} = 224.441 \text{ lt/m}^3$$

6. Agua de mezclado por m³ corregido por asentamiento: Se deberá disminuir en 2 litros por cada 1 cm de aumento del asentamiento.

$$\text{Agua} = 224.441 + 2 \times (9 - 8) \text{ lt/m}^3 = 226.441 \text{ lt/m}^3$$

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.

$$\text{Agua} = 224.441 \text{ lt/m}^3 - 3 \times (2.50 - 0.80) \frac{\text{lt}^3}{\text{m}} = 219.15 \text{ lt/m}^3$$

8. Nuevos materiales de diseño corregidos por apariencia, agua adicional, asentamiento y contenido de aire: Se determinará a partir de los datos como relación a/c y mfca obtenidos durante el diseño original.

Tabla N°19: Materiales corregidos según su apariencia.

| | | |
|-----------------|---|--------------------------|
| Cemento | = | 374.71 kg/m ³ |
| Agua de diseño | = | 219.15 lt/m ³ |
| Agregado fino | = | 991.41 kg/m ³ |
| Agregado grueso | = | 628.65 kg/m ³ |

Fuente: tesista

9. Corrección por resistencia: Se determinará a partir de la ley de Powers actualizada, la que relaciona el grado de hidratación del concreto, la relación gel/ espacio, la resistencia probable a los 28 días y la relación a/c.

$$R = 2380 * X^3 \text{ ----- (19)}$$

$$X = \frac{0.687 \times \alpha}{0.319 \times \alpha + \frac{a}{c}} \text{ ----- (20)}$$

Dónde:

R = Resistencia a la compresión a 28 días (kg/cm²)

X = Relación Gel/Espacio

α = Grado de hidratación

a/c = Relación agua/cemento

Datos:

Resistencia a los 7 días = 173.55 kg/cm²

Resistencia esperada a los 28 días = 1.44 × 173.55 kg/cm² = 249.91 kg/cm²

Resistencia de diseño a los 28 días = 252 kg/cm²

$$\alpha = \frac{\sqrt[3]{249.91} \times 0.59}{\sqrt[3]{249.91} * (0.687 - \sqrt[3]{249.91} \times 0.319)} = 0.51$$

$$\frac{a}{c} = \frac{0.687 \times 0.51}{\sqrt[3]{\left(\frac{252}{2380}\right)}} - 0.319 \times 0.43 = 0.63$$

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

Tabla N°20: Materiales corregidos por resistencia.

| | | |
|-----------------|---|---------------------------|
| Cemento | = | 347.94 kg/m ³ |
| Agua de diseño | = | 219.20 lt/m ³ |
| Agregado fino | = | 1004.79 kg/m ³ |
| Agregado grueso | = | 637.14 kg/m ³ |

Fuente: Tesista

Luego para los diseños de la presente investigación se tiene los siguientes valores, los cuales nos muestra mayor homogeneidad en el trabajo, donde los áridos presentan valores cercanos salvando así de una mezcla sobre gravosa o sobre arenosa.

Tabla N°21: Materiales para el diseño de la presente investigación.

| | | |
|-----------------|---|--------------------------|
| Cemento | = | 369.20 kg/m ³ |
| Agua de diseño | = | 179.70 lt/m ³ |
| Agregado fino | = | 980.20 kg/m ³ |
| Agregado grueso | = | 706.50 kg/m ³ |

Fuente: Tesista

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

La elaboración de los especímenes se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la Norma NTP 339.183. En moldes de 4'' de diámetro y 8'' de longitud.

➤ **Aparatos:**

a) Moldes: los moldes que se utilizó para la elaboración de los especímenes fueron de tubos de PVC de 4 pulg. de diámetro y 8 pulg. De longitud asegurándose en la parte inferior con una tapa del mismo material y sellándose con cinta adhesiva el resto del molde, evitando así la pérdida de la mezcla y también la humedad del material.

b) Varilla de apisonado: Una varilla lisa de acero, teniendo un extremo de forma redondeada tipo semi-esférica.

c) Herramientas manuales: Palas, baldes, carretillas y tamices, para medir el asentamiento se utilizó una regla graduada también se hizo uso de un badilejo y una plancha metálica.

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 realizaron mezclas de volumen igual a 0.0348 m^3 con lo que se elaboraran 6 especímenes gemelos para las pruebas a compresión.

2. 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.

3. 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, de esta manera se comienza a mezclar los materiales hasta tener una forma homogénea y teniendo así una consistencia y color uniforme.

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 el martillo de goma 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.

3.10.4. Curado de los especímenes de concreto.

El curado de los 120 especímenes se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la NTP 339.183.

➤ Procedimiento

a) Protección después del acabado: Para evitar la evaporación y pérdida de humedad se cubrió con bolsas de plástico la parte superior de los especímenes, después de ser vaciados el concreto en su estado fresco.

b) Curado del concreto: El control de la temperatura es necesario en la medida que la velocidad de hidratación del cemento se hace más lenta en temperaturas que se acercan al punto de congelación y tiende a aumentar conforme la temperatura se acerca al punto de ebullición del agua. En relación con el control de la temperatura se debe tener presente lo siguiente:

Los métodos empleados para mantener la temperatura del concreto de la escala de valores aceptables dependen de las condiciones atmosféricas imperantes; la duración del tiempo del curado; la importancia y magnitud del trabajo; y el volumen de concreto a curarse.

La temperatura ideal de curado debe ser unos pocos grados menores que la temperatura promedio a la cual el concreto estará expuesto durante su vida. Si el concreto es colocado y curado cuando la temperatura está bajo este promedio deberá tener una temperatura de vaciado no menor de 13 grados centígrados y durante el curado debe ser mantenido cerca de la temperatura anual promedio.

Se tomar precauciones a fin de lograr que, hacia la finalización del período del curado, la totalidad de las masas de concreto se aproxime gradualmente a la temperatura a la cual va a estar inmediatamente expuesto. La caída de temperatura durante las primeras 24 horas después de finalizado el curado no deberá ser mayor de 16 grados centígrados para concretos en grandes masas o de 28 grados centígrados para concretos de secciones delgadas.

Si la temperatura ambiente está cerca o sobre el promedio anual, el problema del curado solo implica la prevención de pérdidas de humedad en el concreto y la protección de éste contra la acción de temperaturas que estén muy por encima del promedio anual.

3.11. VARIABLES DEPENDIENTES A EVALUAR EN EL ESTUDIO

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

1. Asentamiento del concreto en estado fresco.
2. Peso unitario del concreto fresco.
3. Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días.

3.11.1. Asentamiento en el concreto en estado fresco

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

➤ **Aparatos:**

a) Cono de Abrams y placa: equipos para medir el asentamiento del concreto en su estado fresco.

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 golpes 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.

3.11.2. 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.

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: O martillo de goma, 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.

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

$$D = \frac{(M_c - M_v)}{V_m} \text{ ----- (21)}$$

Dónde:

D = Densidad de masa del hormigón, kg/m³

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

M_v = Masa del recipiente vacío, kg

V_m = Volumen del recipiente, m³

b) **Densidad Teórica:** Este parámetro es calculado sobre una base libre de aire, se calculó como sigue:

$$Dt = \frac{M}{V} \text{ ----- (22)}$$

Dt = Densidad teórica del hormigón, kg/m³

M = Masa total de todos los materiales en la tanda, kg

V = Volumen absoluto de los ingredientes componentes de la mezcla, m³

c) **Rendimiento:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$R = \frac{M}{D} \text{ ----- (23)}$$

Dónde:

R = Rendimiento, volumen de hormigón (concreto) producido por tanda, m³

M = Masa total de todos los materiales en la tanda, kg

D = Densidad de masa del hormigón (concreto), kg/m³

d) **Rendimiento relativo:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$R_y = \frac{Y}{Y_d} \text{ ----- (24)}$$

Dónde:

R_y = Rendimiento relativo, m³

Y = Rendimiento, volumen de hormigón (concreto) producido por tanda, m³

Y_d = Volumen de diseño de hormigón (concreto) producido por tanda, m³

e) **Contenido de cemento:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$C = \frac{C_b}{Y} \text{ ----- (25)}$$

Dónde:

C = Contenido actual del cemento, kg/m³

C_b = Masa del cemento en el lote, kg

Y = Rendimiento, volumen de hormigón (concreto) producido por tanda, m³

f) **Contenido de aire:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$A = \left[\frac{(T-D)}{T} \right] \times 100 \text{ ----- (26)}$$

Dónde:

A = Contenido de aire, %

T = Masa del cemento en el lote, kg

D = Densidad de masa del hormigón, kg/m³

3.11.3. 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 todo los procesos de ensayos. dicha maquina universal fue utilizada del laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería

b) Platos retenedores con discos de neopreno: Se utilizó platos retenedores que son fabricados en acero colado cuya superficie es plana de 6 pulgadas de diametro, 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 fue realizada 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:

Para nuestra investigación se realizó los ensayos a los 7,14 y 28 días.

Tabla N°22: 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, siendo sus dimensiones estándar de 4'' de diámetro y 8'' de longitud. Teniendo pequeñas variaciones en algunos moldes.

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 móvil superior, se descendió el bloque móvil 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.

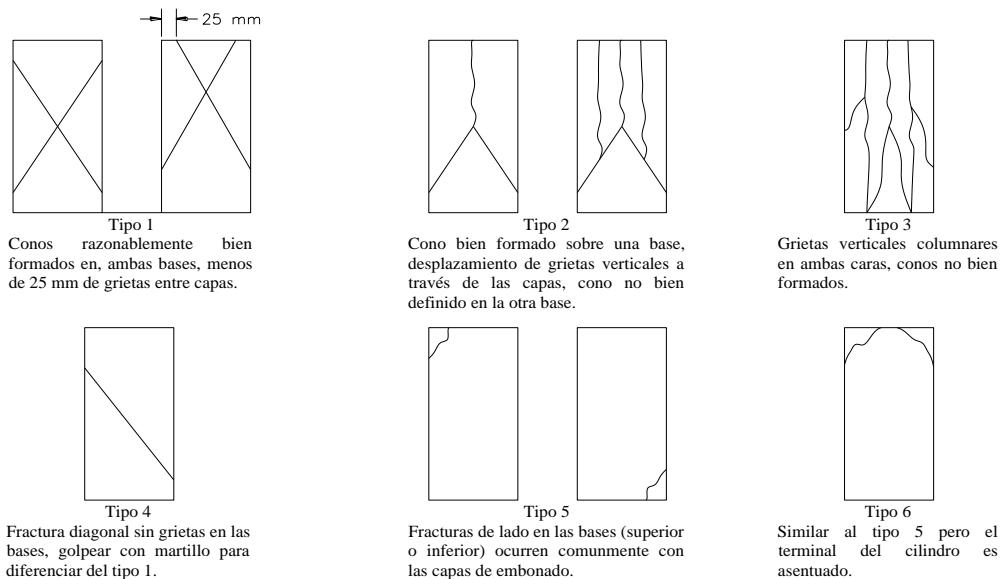


Imagen N° 7: Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura
Fuente: NTP 339.034 – 2008

3.11.4. 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.

3.12. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.12.1. 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.

3.12.2. 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.

3.12.3. 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.

CAPÍTULO

IV

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.

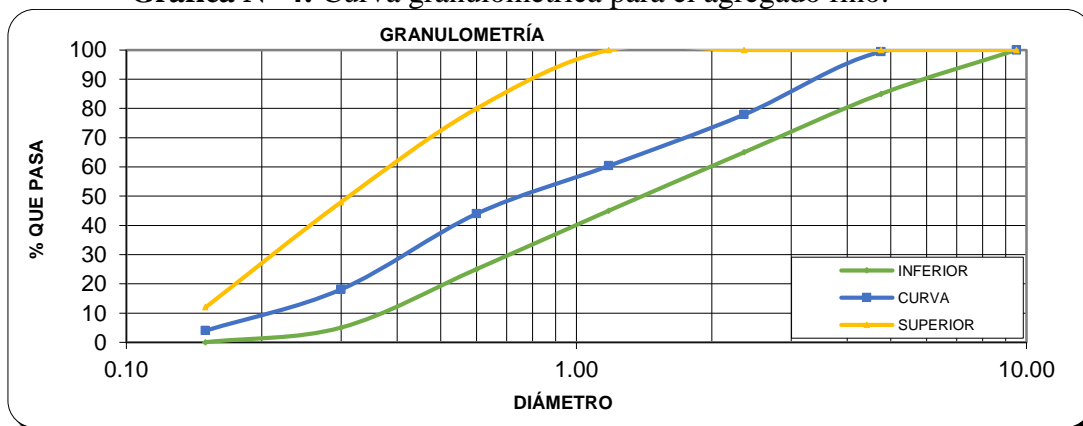
Tabla N° 23. Resultados del análisis granulométrico de agregado fino.

| ENSAYO PROMEDIO DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO | | | | | | | | |
|---|------|---------------|--------|--------------|-----------|---------------------|---|-----|
| TAMIZ | | Peso Ret (gr) | % Ret. | % Ret. Acum. | % Q. Pasa | Huso granulométrico | | |
| # | (mm) | | | | | | | |
| 3/8" | 9.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| N°4 | 4.76 | 16.00 | 0.53 | 0.53 | 99.47 | 85 | - | 100 |
| N°8 | 2.36 | 645.00 | 21.50 | 22.03 | 77.97 | 65 | - | 100 |
| N°16 | 1.18 | 527.00 | 17.57 | 39.60 | 60.40 | 45 | - | 100 |
| N°30 | 0.60 | 492.00 | 16.40 | 56.00 | 44.00 | 25 | - | 80 |
| N°50 | 0.30 | 776.00 | 25.87 | 81.87 | 18.13 | 5 | - | 48 |
| N°100 | 0.15 | 424.00 | 14.13 | 96.00 | 4.00 | 0 | - | 12 |
| cazoleta | | 120.00 | 4.00 | 100.00 | 0.00 | Módulo de finura | | |
| Total | | 3000.00 | 100.00 | | | 2.96 | | |

Nota: Los datos presentados corresponden a una granulometría mejorada, donde se eliminó el 70% del agregado retenido en la malla N° 4.

Fuente: Tesista

Grafica N° 4: Curva granulométrica para el agregado fino.



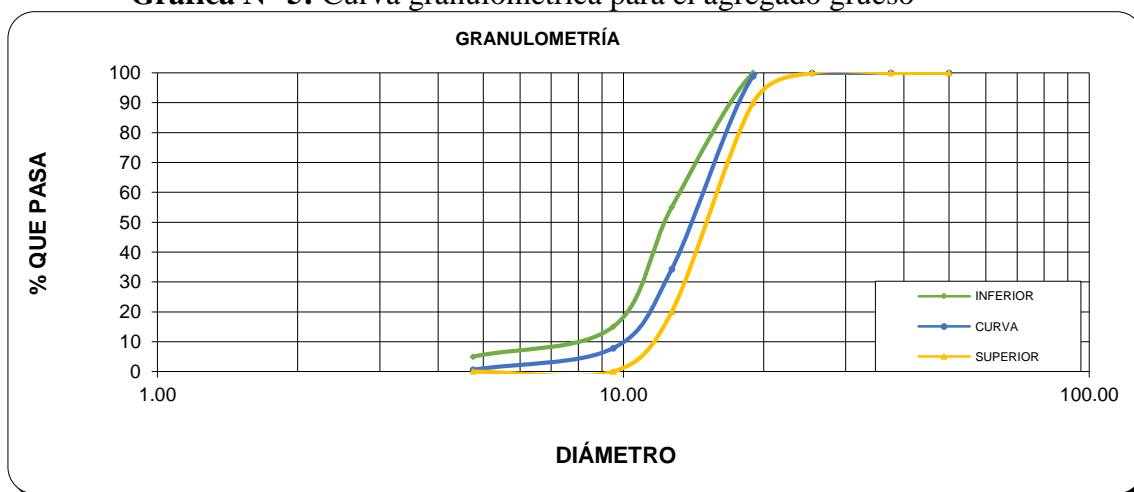
Fuente: Tesista

Tabla N°24. Resultados del análisis granulométrico de agregado grueso.

| ENSAYO PROMEDIO DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO | | | | | | | | |
|--|-------------|------------------|---------------|---------------------|------------------|-------------------------------|---|-----|
| TAMIZ | | Peso (gr) | % Ret. | % Ret. Acum. | % Q. Pasa | Huso granulometrico 67 | | |
| # | (mm) | | | | | | | |
| 2" | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| 1 ½" | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| 1" | 25.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| ¾" | 19.00 | 75.00 | 1.07 | 1.07 | 98.93 | 90 | - | 100 |
| ½" | 12.70 | 4524.00 | 64.63 | 65.70 | 34.30 | 20 | - | 55 |
| 3/8" | 9.51 | 1850.00 | 26.43 | 92.13 | 7.87 | 0 | - | 15 |
| N° 4 | 4.76 | 506.00 | 7.23 | 99.36 | 0.64 | 0 | - | 5 |
| cazoleta | | 45.00 | 0.64 | 100.00 | 0.00 | Módulo de finura | | |
| Total | | 7000.00 | 99.36 | | | 6.93 | | |

Fuente: Tesista

Grafica N° 5: Curva granulométrica para el agregado grueso



Fuente: Tesista

Tabla N° 25. Resultados de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

| Agregados : Características | A. FINO | A. GRUESO |
|---|----------------|------------------|
| Módulo de finura | 2.96 | 6.93 |
| T.M.N (Tamaño Maximo Nominal) | ----- | 1/2" |
| Peso específico de Masa (gr/cm ³) | 2.55 | 2.54 |
| Peso específico superficialmente seco (gr/cm ³) | 2.58 | 2.57 |
| c. Peso específico aparente (gr/cm ³) | 2.64 | 2.60 |
| Absorción (%) | 1.24 | 0.93 |
| Contenido de Humedad (%) | 4.95 | 1.15 |
| Abrasión (%) | ----- | 27.61 |
| Peso unitario seco suelto (kg/m ³) | 1558.62 | 1458.70 |
| Peso unitario seco compactado (kg/m ³) | 1740.96 | 1557.49 |

Fuente: Tesista

- La granulometría del agregado fino no se ajusta a los límites granulométricos según la norma peruana NTP 400,037, por lo cual se determinó que para cumplir con los requerimientos de la norma es necesario mejorar la granulometría eliminando el 70% del material retenido en la malla N°4; mediante este proceso se logró ajustar la granulometría. Para el agregado grueso no se tuvo ningún problema, pues éste se encuentra dentro del uso granulométrico 67 de la NTP 400,037.
- Los valores para el módulo de finura (M.F.) del agregado fino no deben ser menor a 2.3 ni mayor a 3.1 según lo indicado en la norma peruana NTP 400,037. Mediante la realización del mejoramiento de la granulometría del agregado fino se ha podido lograr que el módulo de finura esté dentro de estos límites.
- El peso específico de los agregados puede variar entre los intervalos de 1.2 a 2.2 gr/cm³ para concretos ligeros; 2.3 a 2.9 gr/cm³ para concretos normales y 3.00 a 5.00 gr/cm³ para concretos pesados.
 En los agregados de Cajamarca el peso específico varía de 2.45 a 2.71 gr/cm³, por lo cual nuestros agregados sí cumplen.
 El porcentaje de absorción de los agregados comúnmente se halla en el intervalo de 0.20% - 3.5%, pero en Cajamarca varía entre 0.87% y 2.75%, por lo cual los agregados estudiados se encuentran dentro de los límites.
- Para la resistencia a la abrasión se aceptan límites menores al 50% de pérdida del peso original, por lo que el agregado grueso cumple con esta condición. Además para agregados a usarse en estructuras no expuestas a abrasión directa, se acepta desgaste hasta del 40%.

4.2. CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO DE CONCRETO, PARA CADA DOSIFICACIÓN.

Tabla N° 26. Materiales para cada dosificación

| TIPO DE MEZCLA | CEMENTO Kg/m ³ | AGUA EFECTIVA Lt/m ³ | A F: HÚMEDO Kg/m ³ | A G: HÚMEDO Kg/m ³ | MORTERO EPÓXICO M ² |
|----------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| M P (1) | 369.20 | 179.70 | 980.20 | 706.50 | ----- |
| M E(2) 30° | 369.20 | 179.70 | 980.20 | 706.50 | 12.32 kg/m ² |
| M E (3) 45° | 369.20 | 179.70 | 980.20 | 706.50 | 12.32 kg/m ² |

M P: muestras patron

ME 30°: muestras con epóxico y con 30° de inclinación

ME 45°: muestras con epóxico y con 45° de inclinación

Fuente: Tesista

4.3. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.

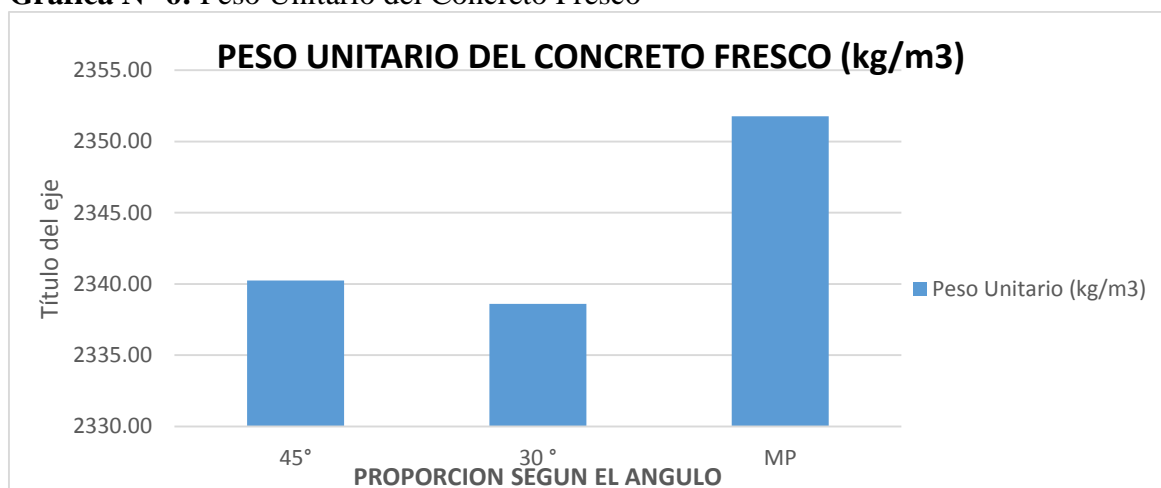
Se realizaron ensayos para determinar el peso unitario del concreto fresco haciendo diferentes ensayos de prueba teniendo como resultado los siguientes datos.

Tabla N°27: Peso unitario del concreto fresco

| PESO UNITARIO CONCRETO FRESCO | | | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | 45° | 30 ° | MP |
| Peso del Cilindro+concreto (kg) | 24.560 | 21.710 | 24.560 |
| Peso del Cilindro (kg) | 11.120 | 8.380 | 11.155 |
| Peso del concreto (kg) | 13.440 | 13.330 | 13.405 |
| Vol. del Cilindro (m3) | 0.006 | 0.006 | 0.006 |
| Peso Unitario (kg/m3) | 2340.24 | 2338.60 | 2351.75 |

Fuente: Tesista

Grafica N° 6: Peso Unitario del Concreto Fresco



Fuente: tesista

En la gráfica podemos observar que tenemos diferentes valores del peso unitario del concreto fresco, es precisamente al contenido de mortero epóxico empleado en cada espécimen dependiendo al ángulo de inclinación.

4.4. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESIÓN

Con los datos obtenidos de los 120 especímenes elaborados en la presente investigación y separados en tres grupos como son:

Especímenes patrón, especímenes con inclinación de 30° y especímenes con inclinación de 45°, todos ensayados a los 7 días, 14 días y 28 días.

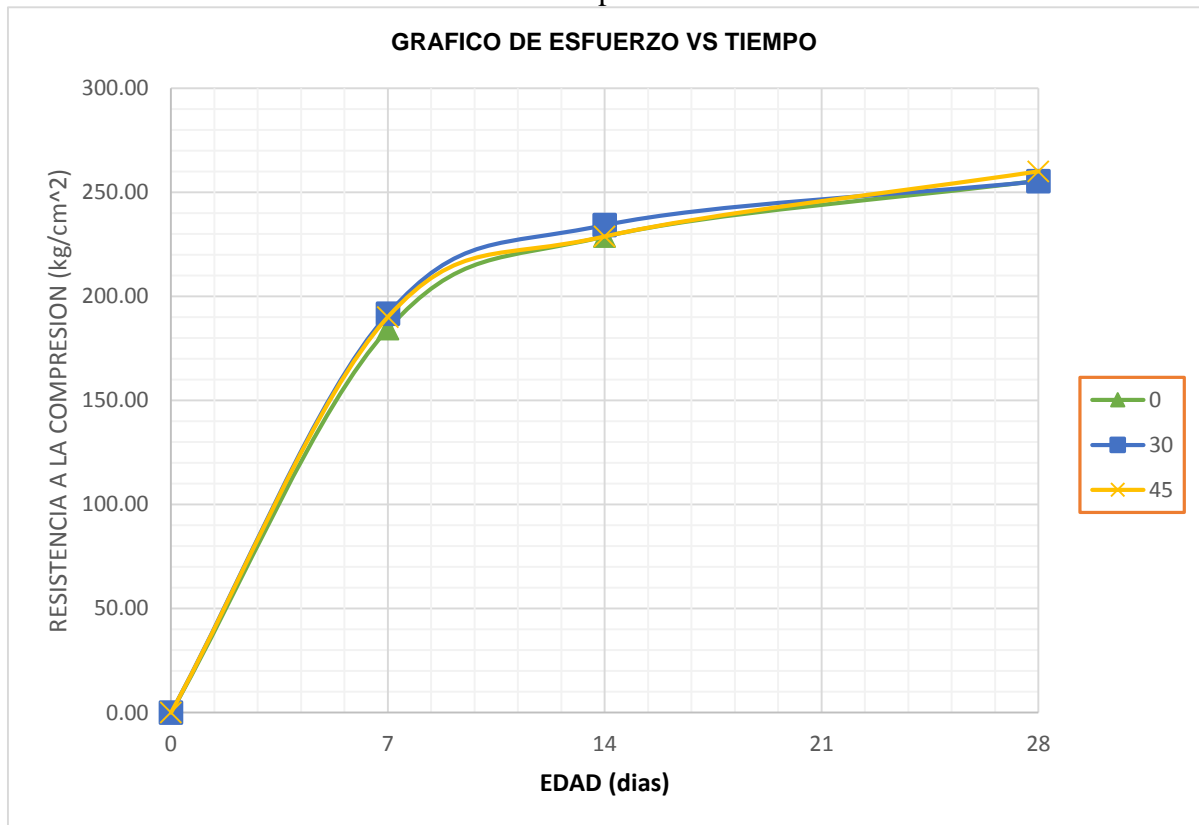
Donde podemos observar la resistencia a compresión de los especímenes de muestra patrón a los 7 días es menor con respecto a los especímenes de 30° y 45° de inclinación, luego tenemos los resultados a los 14 días en el cual nos indica que la resistencia de los especímenes patrón alcanzan una resistencia similar a los especímenes de 45° de

inclinación y finalmente probados a los 28 días adquiere una resistencia con un margen pequeño a los especímenes de 30° de inclinación.

Para los especímenes de 30° de inclinación se tiene el presente análisis a partir de la gráfica que se mostrará a continuación a los 7 y 14 días el esfuerzo a compresión es superior a los especímenes patrón y de 45° de inclinación, luego a los 28 días la resistencia disminuye con respecto a los especímenes patrón y de 45° de inclinación.

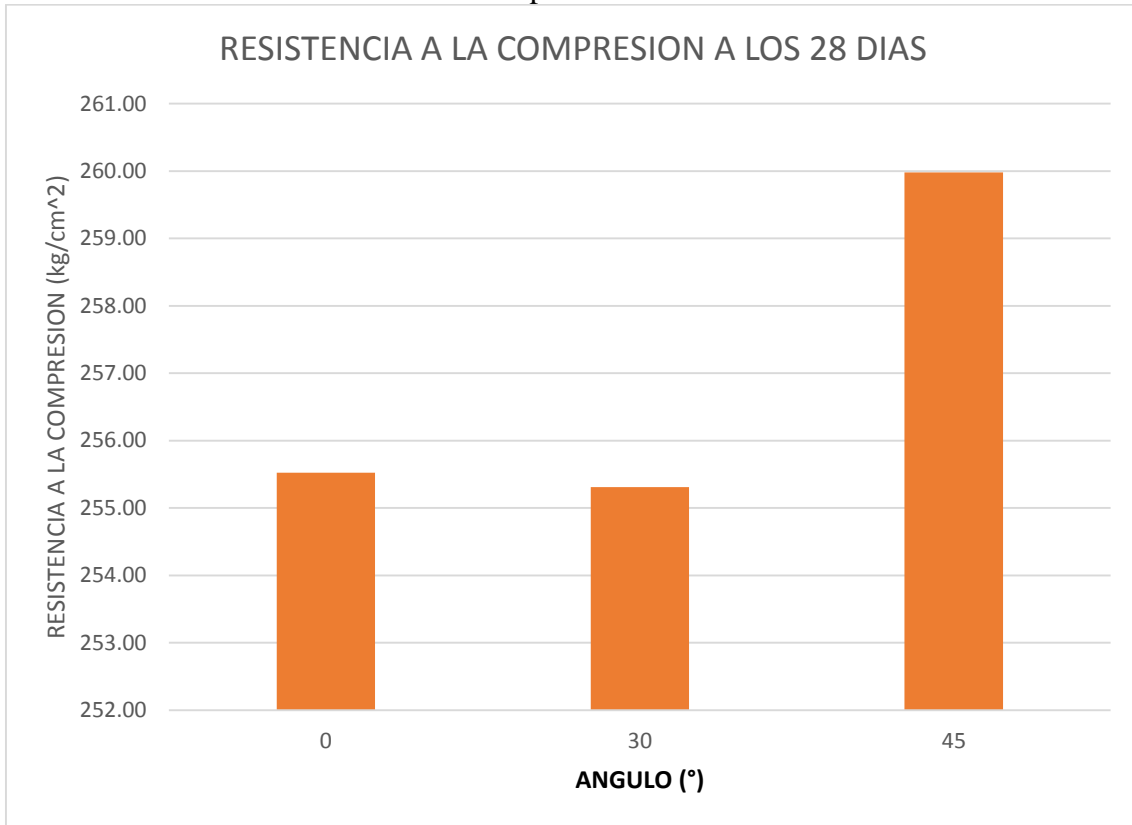
Los especímenes de 45° de inclinación presenta el siguiente resultado a los 7 días su esfuerzo a compresión es mayor con respecto a los especímenes patrón luego a los 14 días presentan un esfuerzo parecido a los especímenes patrón y finalmente a los 28 días el esfuerzo a la compresión es superior a los especímenes patrón y a los de 30° de inclinación.

Gráfica N° 7: Esfuerzo vs tiempo de Acuerdo a sus Edades.



Fuente: Tesista

Grafica N° 8: Resistencia a Compresión a los 28 días



Fuente: Tesista

4.5. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se formuló que los elementos diseñados con mortero epóxico incrementan su resistencia a compresión en un 5 % de acuerdo a la edad de prueba, sin embargo se determinó que los especímenes de 30° de inclinación tienen una resistencia menor con respecto a los especímenes patrón en un 0.999%, para los especímenes de 45° de inclinación la resistencia promedio es mayor en 1.017% con respecto a los especímenes patrón. Por lo tanto se contrasto contrario a la hipótesis.

CAPÍTULO

V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El aporte que nos brinda el diseño de un mortero epóxico con respecto a la edad de elaboración y prueba son los especímenes elaborados con una inclinación de 45° donde es mayor a la resistencia de compresión en un 1.017% con respecto a los especímenes de muestra patrón a los 28 días.
- Los elementos diseñados con mortero epóxico presentan una BUENA adherencia, por lo cual la falla de rotura se presenta en el concreto y no en el puente de adherencia o unión de mortero epóxico.
- La resistencia a compresión de los especímenes con una inclinación de 30° es mayor hasta los 14 días de elaboración luego disminuye en 0.999% a sus 28 días de elaboración con respecto a las probetas patrón o especímenes patrón.
- La resistencia a compresión de los especímenes con una inclinación de 45° es similar a los especímenes patrón hasta los 28 días de elaboración, aumentando porcentualmente su resistencia a partir de la fecha indicada en 1.017 %, por lo tanto el porcentaje es menor con respecto a la resistencia planteada en la hipótesis.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el mortero epóxico Chema Grout Epóxico NF como unión de concretos en diferentes edades, ya que éste presenta muy buena adherencia y brinda un pequeño porcentaje de aumento en la resistencia a compresión con respecto a los elementos de concreto diseñados sin mortero epóxico.
- Se recomienda hacer un análisis de resistencia a los elementos de concreto antiguo antes de hacer la unión con mortero epóxico Chema Grout Epóxico NF para tener buenos resultados en su aplicación.

- Se recomienda continuar con el estudio de estos temas para determinar la variación de su resistencia con respecto a su ángulo y edad de aplicación de los morteros o adhesivos epóxicos.

CAPÍTULO

VI

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1. LIBROS Y REGLAMENTOS

- Rivva López, E. 2014a. Materiales Para el Concreto. 3 ed. Lima. Perú. ICG. 208p.
- Pasquel Carbajal, E. 2011. Tópicos de Tecnología del Concreto. Lima. Perú. 380p.
- Gutiérrez de López, L. 2003. El Concreto y Otros Materiales Para Construcción. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. 227p.
- Ing. Gerardo A. Rivera L. Concreto Simple Universidad del Cauca. Colombia. 256p.
- Norma E.060. Concreto Armado. Lima. Perú. 205p.

6.2. ARTÍCULOS Y TESIS

- Archila Ortiz, Gustavo Adolfo. 2007. “Evaluación sobre adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo con dos tipos de epóxicos”. Guatemala. 97p.
- Br_s. Paredes López y Reyes Cossío. 2015.” Influencia del Uso de Adhesivo Epóxico Colmafix 32 Como Puente adherente en Vigas de Concreto Armado Sujetas a Flexión Para la Recuperación de su Monolitismo”. Trujillo. Peru. 149p.
- Mario Madrid. “Tecnología de la Adhesión”. Departamento Técnico de Loctite España.
- Fernández Canovas, M. “Los Morteros Epóxi en la Construcción”. España.

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 By Slant Shear1
- 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 339.088.2006 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

7. ANEXOS

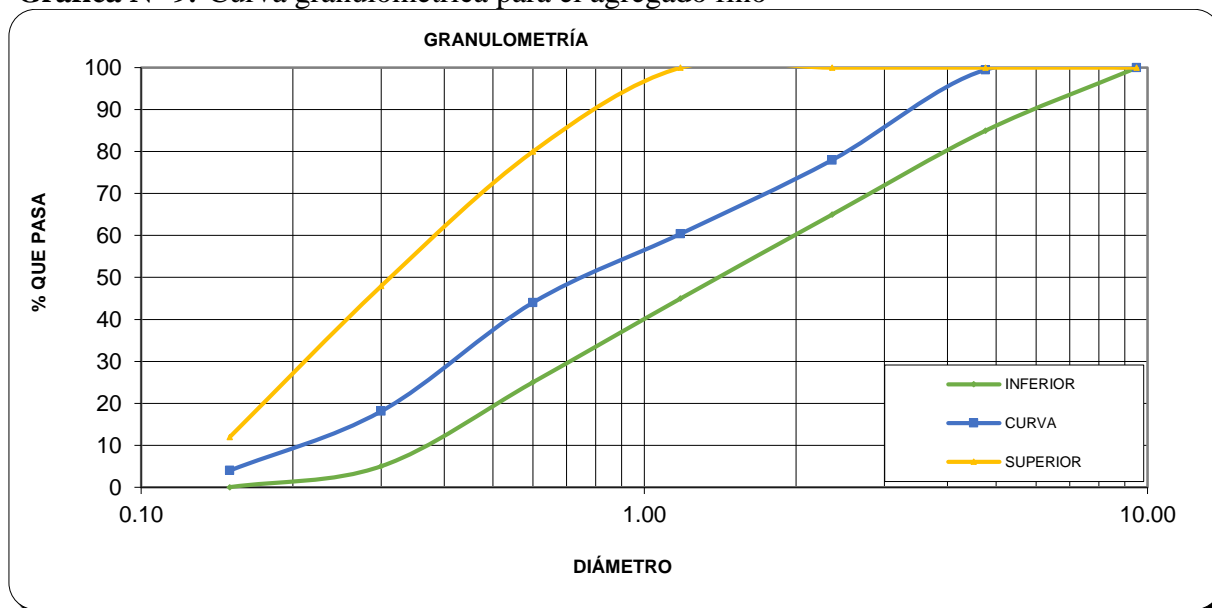
7.1. ANEXO I: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Tabla N° 28: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado fino

| 1° ENSAYO | | | | | | | | |
|--------------|------|---------------|--------|--------------|-----------|-------------------------|---|-----|
| TAMIZ | | Peso Ret (gr) | % Ret. | % Ret. Acum. | % Q. Pasa | Huso granulométrico | | |
| # | (mm) | | | | | | | |
| 3/8" | 9.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| N°4 | 4.76 | 16.00 | 0.53 | 0.53 | 99.47 | 85 | - | 100 |
| N°8 | 2.36 | 645.00 | 21.50 | 22.03 | 77.97 | 65 | - | 100 |
| N°16 | 1.18 | 527.00 | 17.57 | 39.60 | 60.40 | 45 | - | 100 |
| N°30 | 0.60 | 492.00 | 16.40 | 56.00 | 44.00 | 25 | - | 80 |
| N°50 | 0.30 | 776.00 | 25.87 | 81.87 | 18.13 | 5 | - | 48 |
| N°100 | 0.15 | 424.00 | 14.13 | 96.00 | 4.00 | 0 | - | 12 |
| cazoleta | | 120.00 | 4.00 | 100.00 | 0.00 | Módulo de finura | | |
| Total | | 3000.00 | 100.00 | | | 2.96 | | |

Fuente: Tesista

Grafica N° 9: Curva granulométrica para el agregado fino



Fuente: Tesista

Tabla N° 29: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado fino

| 2° ENSAYO | | | | | | | | |
|--------------|------|----------------|---------------|--------------|-----------|-------------------------|---|-----|
| TAMIZ | | Peso Ret (gr) | % Ret. | % Ret. Acum. | % Q. Pasa | Huso granulométrico | | |
| # | (mm) | | | | | | | |
| 3/8" | 9.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| N°4 | 4.76 | 20.00 | 0.67 | 0.67 | 99.33 | 85 | - | 100 |
| N°8 | 2.36 | 630.00 | 21.00 | 21.67 | 78.33 | 65 | - | 100 |
| N°16 | 1.18 | 530.00 | 17.67 | 39.33 | 60.67 | 45 | - | 100 |
| N°30 | 0.60 | 502.00 | 16.73 | 56.07 | 43.93 | 25 | - | 80 |
| N°50 | 0.30 | 794.00 | 26.47 | 82.53 | 17.47 | 5 | - | 48 |
| N°100 | 0.15 | 454.00 | 15.13 | 97.67 | 2.33 | 0 | - | 12 |
| cazoleta | | 70.00 | 2.33 | 100.00 | 0.00 | Módulo de finura | | |
| Total | | 3000.00 | 100.00 | | | 2.98 | | |

Fuente: Tesista

Gráfica N° 10: Curva granulométrica para el agregado fino

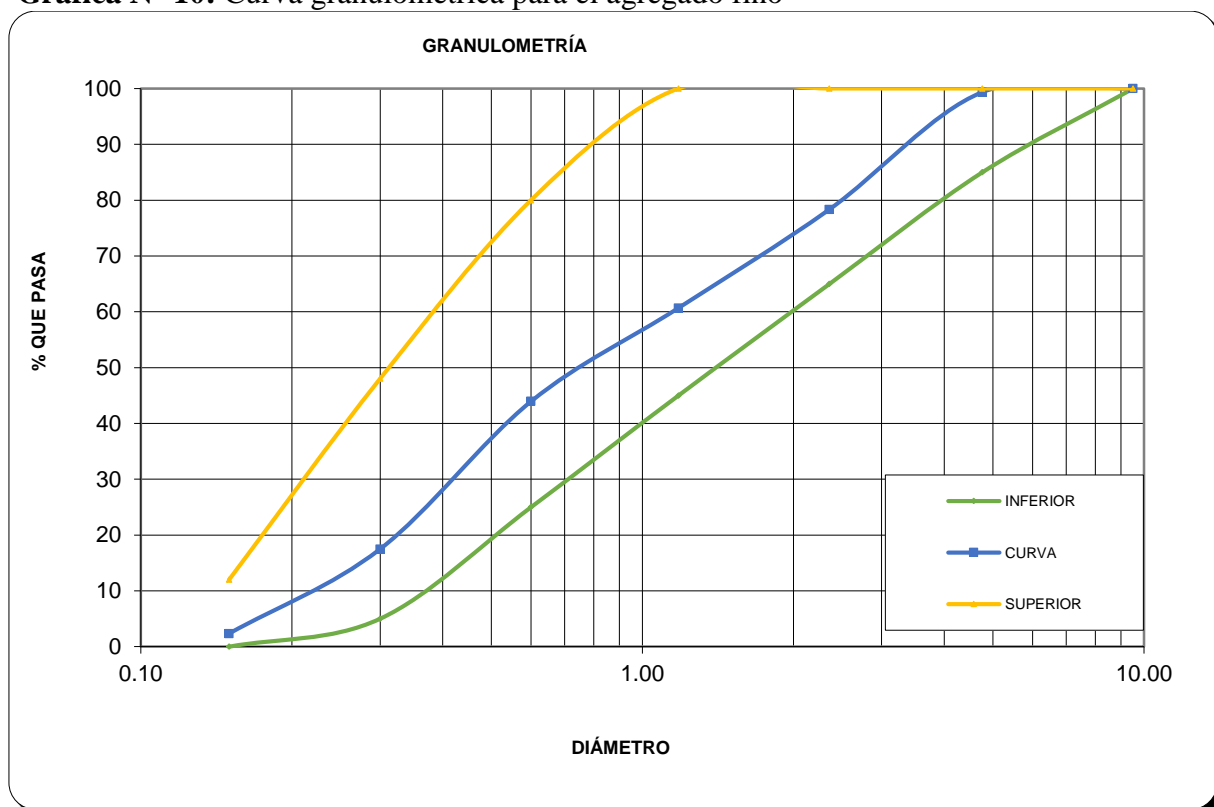
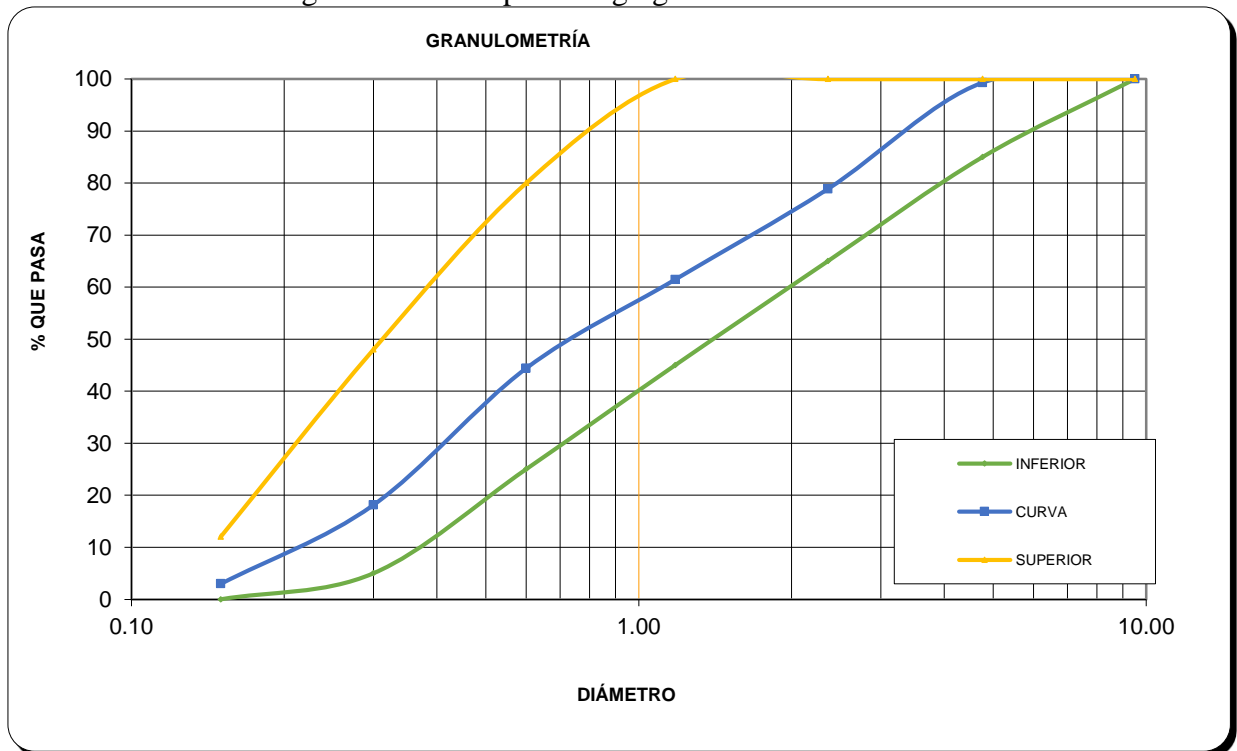


Tabla N° 30: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado fino

| 3° ENSAYO | | | | | | | | |
|------------------|-------------|------------------|---------------|---------------------|------------------|----------------------------|---|-----|
| TAMIZ | | Peso (gr) | % Ret. | % Ret. Acum. | % Q. Pasa | Huso granulométrico | | |
| # | (mm) | | | | | | | |
| 3/8" | 9.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| N°4 | 4.76 | 21.00 | 0.70 | 0.70 | 99.30 | 85 | - | 100 |
| N°8 | 2.36 | 613.00 | 20.43 | 21.13 | 78.87 | 65 | - | 100 |
| N°16 | 1.18 | 522.00 | 17.40 | 38.53 | 61.47 | 45 | - | 100 |
| N°30 | 0.60 | 512.00 | 17.07 | 55.60 | 44.40 | 25 | - | 80 |
| N°50 | 0.30 | 788.00 | 26.27 | 81.87 | 18.13 | 5 | - | 48 |
| N°100 | 0.15 | 455.00 | 15.17 | 97.03 | 2.97 | 0 | - | 12 |
| cazoleta | | 89.00 | 2.97 | 100.00 | 0.00 | Módulo de finura | | |
| Total | | 3000.00 | 100.00 | | | 2.95 | | |

Fuente: Tesista

Grafica N° 11: Curva granulométrica para el agregado fino



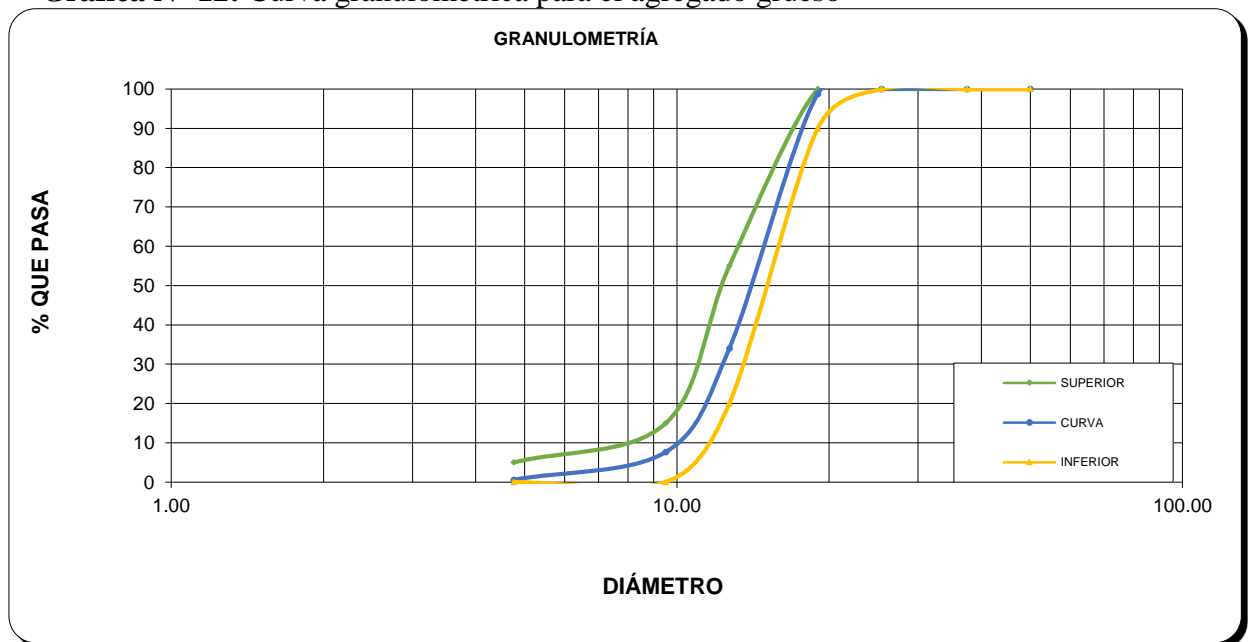
Fuente. Tesista

Tabla N° 31: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado grueso

| 1° ENSAYO | | | | | | | | |
|--------------|-------|-----------|--------|--------------|-----------|---------------------|---|-----|
| TAMIZ | | Peso (gr) | % Ret. | % Ret. Acum. | % Q. Pasa | Huso granulométrico | | |
| # | (mm) | | | | | 67 | | |
| 2" | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| 1 ½" | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| 1" | 25.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| ¾" | 19.00 | 85.00 | 1.21 | 1.21 | 98.79 | 90 | - | 100 |
| ½" | 12.70 | 4535.00 | 64.79 | 66.00 | 34.00 | 20 | - | 55 |
| ⅜" | 9.51 | 1845.00 | 26.36 | 92.36 | 7.64 | 0 | - | 15 |
| N° 4 | 4.76 | 495.00 | 7.07 | 99.43 | 0.57 | 0 | - | 5 |
| cazoleta | | 40.00 | 0.57 | 100.00 | 0.00 | Módulo de finura | | |
| Total | | 7000.00 | 100.00 | | | 6.93 | | |

Fuente: Tesista

Grafica N° 12: Curva granulométrica para el agregado grueso



Fuente: Tesista

Tabla N° 32: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado grueso

| 2° ENSAYO | | | | | | | | |
|--------------|-------|-----------|--------|--------------|-----------|-------------------------|---|-----|
| TAMIZ | | Peso (gr) | % Ret. | % Ret. Acum. | % Q. Pasa | Huso granulometrico | | |
| # | (mm) | | | | | 67 | | |
| 2" | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| 1 ½" | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| 1" | 25.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| ¾" | 19.00 | 75.00 | 1.07 | 1.07 | 98.93 | 90 | - | 100 |
| ½" | 12.70 | 4524.00 | 64.63 | 65.70 | 34.30 | 20 | - | 55 |
| ⅜" | 9.51 | 1850.00 | 26.43 | 92.13 | 7.87 | 0 | - | 15 |
| N° 4 | 4.76 | 506.00 | 7.23 | 99.36 | 0.64 | 0 | - | 5 |
| cazoleta | | 45.00 | 0.64 | 100.00 | 0.00 | Módulo de finura | | |
| Total | | 7000.00 | 99.36 | | | 6.93 | | |

Fuente: Tesista

Grafica N° 13: Curva granulométrica para el agregado grueso



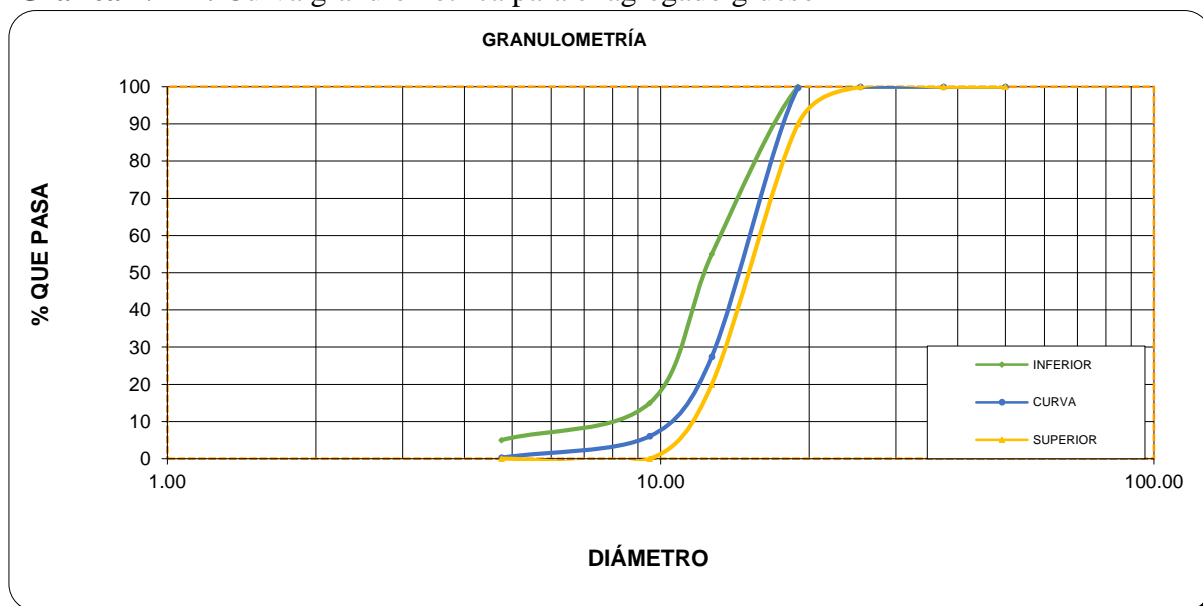
Fuente: Tesista

Tabla N° 33: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado grueso

| 3° ENSAYO | | | | | | | | |
|--------------|-------|-----------|--------|--------------|-----------|-------------------------|---|-----|
| TAMIZ | | Peso (gr) | % Ret. | % Ret. Acum. | % Q. Pasa | Huso granulometrico | | |
| # | (mm) | | | | | 67 | | |
| 2" | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| 1 ½" | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| 1" | 25.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | - | 100 |
| ¾" | 19.00 | 20.00 | 0.26 | 0.26 | 99.74 | 90 | - | 100 |
| ½" | 12.70 | 5520.00 | 72.26 | 72.52 | 27.48 | 20 | - | 55 |
| 3/8" | 9.51 | 1635.00 | 21.40 | 93.93 | 6.07 | 0 | - | 15 |
| N° 4 | 4.76 | 440.00 | 5.76 | 99.69 | 0.31 | 0 | - | 5 |
| cazoleta | | 24.00 | 0.31 | 100.00 | 0.00 | Módulo de finura | | |
| Total | | 7639.00 | 99.69 | | | 6.94 | | |

Fuente: Tesista

Gráfica N° 14: Curva granulométrica para el agregado grueso



Fuente: Tesista

Tabla N° 34: Ensayo para el peso específico y absorción del agregado fino

| ENSAYO | 1° | 2° | 3° | PROMEDIO |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| W _O =Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr) | 494.20 | 493.90 | 493.50 | 493.87 |
| V=Volumen del frasco (cm ³) | 500.00 | 500.00 | 500.00 | 500.00 |
| V _a =Peso en gr o volumen del agua añadida al frasco (gr) | 299.93 | 310.51 | 308.81 | 306.42 |
| a. Peso específico de masa P _{em} =W _o /(V-V _a) (gr/cm ³) | 2.47 | 2.61 | 2.58 | 2.55 |
| b. Peso específico de masa saturada con superficie seca P _{esss} =500/(V-V _a) (gr/cm ³) | 2.50 | 2.64 | 2.62 | 2.58 |
| c. Peso específico aparente P _{ea} =W _o /((V-V _a)-(500-W _o)) (gr/cm ³) | 2.54 | 2.69 | 2.67 | 2.64 |
| d. Absorción Abs=((500-W _o)/W _o)*100 (%) | 1.17 | 1.24 | 1.32 | 1.24 |

Fuente: Tesista

Tabla N° 35: Ensayo para el peso específico y absorción del agregado grueso

| ENSAYO | 1° | 2° | 3° | PROMEDIO |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| A=Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr) | 1983.00 | 1980.00 | 1982.00 | 1981.67 |
| B=Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr) | 2000.00 | 2000.00 | 2000.00 | 2000.00 |
| C=Peso en el agua de la muestra saturada (gr) | 1224.16 | 1219.21 | 1217.86 | 1220.41 |
| a. Peso específico de masa P _e =A/(B-C) (gr/cm ³) | 2.56 | 2.54 | 2.53 | 2.54 |
| b. Peso específico de masa saturada con superficie seca P _{esss} =B/(B-C) (gr/cm ³) | 2.58 | 2.56 | 2.56 | 2.57 |
| c. Peso específico aparente P _{ea} =A/(A-C) (gr/cm ³) | 2.61 | 2.60 | 2.59 | 2.60 |
| d. Absorción Abs=((B-A)/A)*100 (%) | 0.86 | 1.01 | 0.91 | 0.93 |

Fuente: Tesista

Tabla N° 36: Ensayo para la abrasión del agregado grueso

| DATOS | | | | | | |
|--|-------------|--------------------|-------------|---------------|-----------|-----------|
| TAMIZ | | RETENIDO EN | | ENSAYO | | |
| # | (mm) | # | (mm) | 1° | 2° | 3° |
| 1 1/2" | 37.50 | 1" | 25.40 | 0 | 0 | 0 |
| 1" | 25.40 | 3/4" | 19.00 | 0 | 0 | 0 |
| 3/4" | 19.00 | 1/2" | 12.70 | 2500 | 2500 | 2500 |
| 1/2" | 12.70 | 3/8" | 9.51 | 2500 | 2500 | 2500 |
| 3/8" | 9.51 | 1/4" | 6.35 | 0 | 0 | 0 |
| 1/4" | 6.35 | N° 4 | 4.76 | 0 | 0 | 0 |
| N° 4 | 4.76 | N° 8 | 2.36 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | | | | 5000 | 5000 | 5000 |
| ENSAYO | | | | 1° | 2° | 3° |
| Peso de muestra Seca (gr) | | | | 5000.00 | 5000.00 | 5000.00 |
| Wo=Peso de muestra Seca + recipiente (gr) | | | | 3912.00 | 3954.00 | 3909.00 |
| Recipiente (gr) | | | | 305.50 | 305.50 | 305.50 |
| Wf=Peso de muestra seca final (gr) | | | | 3606.50 | 3648.50 | 3603.50 |
| Abrasión (%) =(Wo-Wf)/Wo*100 | | | | 27.87 | 27.03 | 27.93 |
| >>>Resistencia a la abrasión promedio (%)= | | | | 27.61 | | |

Fuente: Tesista**Tabla N° 37:** Ensayo para el peso unitario suelto del agregado fino

| ENSAYO | 1° | 2° | 3° |
|--------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|
| Peso del recipiente (kg) | 3.81 | 3.81 | 3.81 |
| Peso del recipiente+muestra (kg) | 8.41 | 8.44 | 8.37 |
| Peso de muestra (kg) | 4.61 | 4.64 | 4.57 |
| f (factor de corrección) | 338.71 | 338.71 | 338.71 |
| PUS kg/m3 (Peso Unitario Suelto) | 1559.75 | 1569.91 | 1546.20 |
| Peso Unitario Suelto promedio | 1558.62 kg/m3 | | |

Fuente: tesista**Tabla N° 38:** Ensayo para el peso unitario compactado del agregado fino

| ENSAYO | 1° | 2° | 3° |
|--|----------------------|-----------|-----------|
| Peso del recipiente (kg) | 3.81 | 3.81 | 3.81 |
| Peso del recipiente+muestra (kg) | 8.95 | 8.95 | 8.94 |
| Peso de muestra (kg) | 5.15 | 5.15 | 5.13 |
| f (factor de corrección) | 338.71 | 338.71 | 338.71 |
| PUC kg/m3 (Peso Unitario Compactado) | 1742.65 | 1742.65 | 1737.57 |
| Peso Unitario Compactado promedio | 1740.96 kg/m3 | | |

Fuente: Tesista**Tabla N° 39:** Ensayo para el peso unitario suelto del agregado grueso

| ENSAYO | 1° | 2° | 3° |
|--------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|
| Peso del recipiente (kg) | 3.81 | 3.81 | 3.81 |
| Peso del recipiente+muestra (kg) | 8.10 | 8.13 | 8.11 |
| Peso de muestra (kg) | 4.30 | 4.32 | 4.31 |
| f (factor de corrección) | 338.71 | 338.71 | 338.71 |
| PUS kg/m3 (Peso Unitario Suelto) | 1454.75 | 1463.22 | 1458.14 |
| Peso Unitario Suelto promedio | 1458.70 kg/m3 | | |

Fuente: Tesista

Tabla N° 40: Ensayo para el peso unitario compactado del agregado grueso

| ENSAYO | 1° | 2° | 3° |
|--|---------------------------------|-----------|-----------|
| Peso del recipiente (kg) | 3.81 | 3.81 | 3.81 |
| Peso del recipiente+muestra (kg) | 8.40 | 8.42 | 8.39 |
| Peso de muestra (kg) | 4.60 | 4.62 | 4.59 |
| f (factor de corrección) | 338.71 | 338.71 | 338.71 |
| PUC kg/m ³ (Peso Unitario Compactado) | 1556.36 | 1563.14 | 1552.97 |
| Peso Unitario Compactado promedio | 1557.49 kg/m³ | | |


Fuente: Tesista

Tabla N° 41: Resumen de las propiedades físicas mecánicas de los agregados

| Agregados : Características | A. FINO | A. GRUESO |
|---|----------------|------------------|
| Módulo de finura | 2.96 | 6.93 |
| T.M.N (Tamaño Maximo Nominal) | ----- | 1/2" |
| Peso específico de Masa (gr/cm ³) | 2.55 | 2.54 |
| Peso específico superficialmente seco (gr/cm ³) | 2.58 | 2.57 |
| Peso específico aparente (gr/cm ³) | 2.64 | 2.60 |
| Absorción (%) | 1.24 | 0.93 |
| Contenido de Humedad (%) | 4.95 | 1.15 |
| Abrasión (%) | ----- | 27.61 |
| Peso unitario seco suelto (kg/m ³) | 1558.62 | 1458.70 |
| Peso unitario seco compactado (kg/m ³) | 1740.96 | 1557.49 |

Fuente: Tesista

7.2. ANEXO II: FICHAS TÉCNICAS DE CHEMA GROUT EPÓXICO NF.



Chema
Calidad que Construye

Hoja Técnica

CHEMA GROUT EPÓXICO NF

Sistema epóxico de tres componentes diseñado para anclajes de pernos y nivelación de bases para maquinarias

ADL 2.7.3
RMP - V.0

DESCRIPCIÓN

El **CHEMA GROUT EPÓXICO NF** es un sistema epóxico de tres componentes 100% sólido de altas resistencias mecánicas y consistencia fluida, diseñado para el anclaje de máquinas, nivelador y como base de maquinaria pesada.

VENTAJAS

- Altas resistencias mecánicas, superiores a la de los grouts metálicos.
- Altas resistencias mecánicas tempranas, a la compresión, flexión.
- Buena fluidez.
- Rápido curado, incluso a bajas temperaturas.
- No genera contracción.
- Alta resistencia química.
- Excelente soporte de carga.
- Excelente adherencia.
- Producto 100% sólidos.
- Pronta puesta en marcha de los equipos anclados.
- Resistencia a los aceites y grasas.
- Kit pre dosificado listo para usar.

USOS

- Anclaje de pernos y varilla para maquinaria y estructuras.
- Para el anclaje de precisión de maquinaria y como base para equipo pesado.
- Soporte de maquinaria y equipos pesados como: bombas, motores, compresores, molinos, etc.

DATOS TÉCNICOS

| | |
|----------------------------------|------------------|
| Componente A | Resina |
| Componente B | Endurecedor |
| Componente C | Mix de agregados |
| Color de la mezcla | Grís |
| Densidad de la mezcla (Kg/L) | 2.0 – 2.1 |
| Vida útil de la mezcla (minutos) | 45 aprox.* |
| Relación de mezcla en peso (Kg) | 3A, 2B, 23C |
| Fluidez (%) | 250 - 300 |

| Resistencia a la compresión (Kg/Cm ²) | |
|---|--|
| 1 día | 750 * |
| 7 días | 850* |
| 28 días | 900* |
| Rendimiento Kg/L | 2.0 Kg de CHEMA GROUT EPÓXICO NF por litro de relleno |

* Estos valores pueden variar de acuerdo a las condiciones ambientales de temperatura y HR.

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE:

- Se debe preparar la superficie mecánicamente con un escarificador, desbastador o cualquier herramienta que exponga el agregado grueso del concreto.
- La superficie a aplicar debe estar limpia, seca y libre de polvo, grasa u otro elemento extraño. Se debe remover todo concreto deteriorado, suelto o débil. El concreto

ATENCIÓN AL CLIENTE:

(511) 336-8407

Página 1 de 3



Calidad que Construye

CHEMA GROUT EPÓXICO NF

Sistema epóxico de tres componentes diseñado para anclajes de pernos y nivelación de bases para maquinarias

ADI-2.7.3
RMP - V.0

nuevo debe tener un mínimo de 28 días, la superficie debe estar libre de cualquier elemento que impida una concreta adherencia.

MEZCLADO:

- Mezclar los componentes A y B por el lapso de 2-3 minutos con ayuda de un mezclador o un taladro de bajas revoluciones (400-600rpm) cuidando de no incorporar aire durante el mezclado hasta obtener una mezcla homogénea.
- Luego adicionar lentamente el componente C y mezclar hasta obtener un mortero uniforme y de esta manera asegurar la reacción química adecuada.

APLICACIÓN:

- Una vez obtenido una mezcla uniforme proceder de inmediato al vaciado del producto, tomando en cuenta que la reacción química de curado ya empezó y está directamente influenciada por la temperatura ambiente (ver líneas arriba del tiempo de vida útil de la mezcla).
- Verter el producto alrededor de la estructura que se va a anclar, el producto llenará los huecos debido a su fluidez.
- Para que fluya mejor bajo bases metálicas de equipos, se recomienda ayudarlo con cadenas, varillas o cables para la colocación.
- El tiempo de curado del grout está directamente influenciado por la temperatura del ambiente, del equipo y la temperatura del concreto, a mayor temperatura se acorta el tiempo de vida útil y a menor temperatura se prolonga.
- El nivel final del grout debe ser superior al nivel de la superficie inferior de la placa base.
- Proporcione sombra y protección de la luz directa del sol por lo menos 24 horas antes y 48 horas después del vaciado del **CHEMA GROUT EPÓXICO NF**.

LIMPIEZA:

- Lavar inmediatamente los materiales y equipos utilizados con DISOLVENTE EPOXY CHEMS.

RENDIMIENTO El rendimiento es 2 kilos de **CHEMA GROUT EPÓXICO NF** por litro de relleno.
El kit de 30 Kg. rinde 15 litros de relleno.

PRESENTACIÓN Kit por 30 Kg. (Código 02021003)

- Componente A: 3Kg. envase de hojalata.
- Componente B: 2Kg. envase de hojalata.
- Componente C: 25Kg. bolsa de papel plastificado.

ALMACENAMIENTO De almacenarse en un lugar fresco, ventilado y sellado bajo techo el tiempo de vida útil será de 18 meses.



Calidad que Construye

CHEMA GROUT EPÓXICO NF

Sistema epóxico de tres componentes diseñado para anclajes de pernos y nivelación de bases para maquinarias

ADL 2.7.3
RMP - V.0

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES

- No use sobre concreto congelado.
- No se recomienda aplicarlo por debajo de 15°C.
- Acondicionar el producto a 25 °C antes de su empleo.
- No se debe preparar más resina de la que se pueda aplicar en el tiempo de vida útil de la mezcla.
- No altere las proporciones de resina y endurecedor.
- Evitar que los componentes del producto permanezcan bajo los rayos solares.
- Evite la preparación e instalación del producto directamente bajo el sol.
- El producto debe ser aplicado por personal calificado y siguiendo las instrucciones de esta hoja técnica.
- Una vez mezclados los componentes se inicia una reacción exotérmica y si se mantiene en el envase puede generar gran cantidad de calor.
- Para mayor información remitirse a la Hoja de Seguridad.

Producto tóxico, NO INGERIR.

Mantener el producto fuera del alcance de los niños, no comer ni beber mientras manipula el producto, luego de manipular lavarse las manos.

Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo.

Evitar el contacto con la piel y ojos, en caso que ocurra, lávese con abundante agua.

Si es ingerido no provocar al vómito, solicitar ayuda médica inmediata.

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

7.3. ANEXO III: FICHA TÉCNICA DE CEMENTO



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
 Calle La Colón No.110 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
 Carretera Panamericana Norte Km. 608 Pacasmayo - La Libertad
 Teléfono 217 - 1000



SGC-REG-01-00002
 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 | % | 3.2 | Máximo 6.0 |
| SiO ₂ | % | 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 | % | II | Máximo 12 |
| Expansión en Autoclave | % | 0.50 | 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 (322) | Mínimo 12.0 (Mínimo 122) |
| Resistencia Compresión a 7días | MPa (Kg/cm ²) | 38.5 (392) | Mínimo 16.0 (Mínimo 154) |
| Resistencia Compresión a 28días (*) | MPa (Kg/cm ²) | 46.5 (474) | Mínimo 21.0 (Mínimo 202) |

Tiempo de Fragado Vicat :

| | | | |
|-----------------|-----|-----|------------|
| Fragado Inicial | min | 132 | Mínimo 45 |
| Fragado Final | min | 189 | Máximo 375 |

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despaquetado 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.

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

7.4. ANEXO IV: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla N° 42: Resistencia a la compresión promedio

| $f'c$ (kg / cm ²) | $f'cr$ (kg / cm ²) |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Con datos experimentales | $1.2 \cdot f'c$ |
| Menor de 214.20 | $f'c + 71.4$ |
| 214.20 a 357.00 | $f'c + 86.7$ |
| Mayor de 357.00 | $1.1 f'c + 51$ |

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-060

Tabla N° 43: 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° 44: Porcentaje de aire dependiendo a cada diseño

| TIPO DE CONCRETO | ASENTAMIENTO | AIRE EN % DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|--|----------------------------------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| | | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 6" |
| | | CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO | Contenido de Aire atrapado (%) | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 |
| CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO | Contenido total de Aire (%) | 8 | 7 | 6 | 5 | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 |

Fuente: Rivva (2014b)

Tabla N° 45: 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° 46: 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.

Fuente: Rivva (2014b)

7.5. ANEXO V: DISEÑO DE MEZCLAS

Cuadro N° 2: Diseño de mezcla de concreto empleada para correcciones

| | | | |
|---|---|-------------------------------|--|
| TESIS | : EFECTO DEL MORTERO EPÓXICO EN LA RESISTENCIA DE CONCRETOS DE DIFERENTE EDAD | | |
| TESISTA | : Bach. Ing. Civil Dilmer Astochado Mondragón | | |
| DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS | | | |
| Fecha de Diseño | : lunes 16 de enero del 2017 | | |
| Realizado por | : Bach. Ing. Civil Dilmer Astochado Mondragón | | |
| Revisado por | : M en I. Héctor Albarino Pérez Loayza | | |
| UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS | | | |
| Cantera de donde se extraen los materiales | : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE- RIO CHONTA | | |
| DATUM | USO | FRANJA | |
| WGS-84 | 17 | M | |
| COORDENADAS GEOGRÁFICAS | LATITUD | : 07° 09' 43.54" S | |
| | LONGITUD | : 78° 28' 04.20" O | |
| | COTA | : | |
| COORDENADAS UTM | ESTE | : 0779671.50 | |
| | NORTE | : 9207561.09 | |
| | COTA | : | |
| CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO | | | |
| Resistencia a la compresión especificada del Concreto ($f'c$) | = | 210.00 | kg / cm ² |
| Selección | | Menor de 214.20 | kg / cm ² |
| Incremento | | 1.20 | |
| Resistencia promedio a la compresión del Concreto ($f'cr$) | = | 252.00 | kg / cm ² |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES | | | |
| AGREGADO FINO | | AGREGADO GRUESO | |
| Peso unitario suelto seco (kg/m ³) | : | 1558.62 | Peso unitario suelto seco (kg/m ³) : 1458.70 |
| Peso unitario seco compactado (kg/m ³) | : | 1740.96 | Peso unitario seco compactado (kg/m ³) : 1557.49 |
| Peso específico de masa (gr/cm ³) | : | 2.55 | Peso específico de masa (gr/cm ³) : 2.54 |
| Absorción (%) | : | 1.24 | Absorción (%) : 0.93 |
| Contenido de Humedad (%) | : | 4.95 | Contenido de Humedad (%) : 1.15 |
| Módulo de Finura | : | 2.96 | Módulo de Finura : 6.93 |
| CEMENTO | | ADITIVO/ADICIÓN | |
| Norma | : | NTP 334.009-2016 | Tamaño máximo Nominal (Pulg.) : 1/2" |
| Tipo de Cemento | : | Pacasmayo Tipo I | Perfil del Agregado : Angular |
| Peso Específico (gr/cm ³) | : | 3.12 | |
| AGUA | | | |
| Norma | : | NTP 334.088-2006 | |
| Peso Específico (gr/cm ³) | : | 1.00 | |
| 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 | | | 0.585 |
| Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta : | Factor Cemento | : | 369.20 Kg/m ³ |
| | Factor Cemento | : | 8.7 Bolsas/m ³ |
| | Cemento | : | 0.118 m ³ |
| | Agua | : | 0.216 m ³ |
| | Aire | : | 0.025 m ³ |
| | Suma de Volúmenes | : | 0.359 m ³ |
| Volumen absolutos de los Agregados. | | Volumen absoluto | : 0.641 m ³ |
| Módulo de finura de la Combinación de Agregados | Contenido de Cemento | : | 8.7 Bolsas/m ³ |
| | TMN | : | 1/2" |
| | MFCA | : | 4.66 |
| Agregado Fino en relación al volumen absoluto total de Agregado. | | Porcentaje de Agregado Fino | : 57.11 % |
| Volúmenes absolutos de los Agregados. | Agregado Fino | : | 0.366 m ³ |
| | Agregado Gueso | : | 0.275 m ³ |
| Peso Seco de los Agregados. | Agregado Fino | : | 933.90 Kg/m ³ |
| | Agregado Gueso | : | 698.50 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 | : | 369.20 Kg/m ³ |
| | Agua de diseño | : | 216.00 lt/m ³ |
| | Agregado Fino seco | : | 933.90 Kg/m ³ |
| | Agregado Gueso seco | : | 698.50 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 | : | 24.86 lt/bls |
| | Agregado Fino seco | : | 107.50 Kg/bls |
| | Agregado Gueso seco | : | 80.41 Kg/bls |
| Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por humedad del agregado | Cemento | : | 1 |
| | Agregado fino seco | : | 2.53 |
| | Agregado grueso seco | : | 1.89 |
| | Agua de Diseño | : | 24.9 lt/bls |

Cuadro N° 3: Corrección por contenido de humedad de los agregados para la preparación de especímenes de prueba

| | | |
|--|---|----------------------------|
| TESIS | : EFECTO DEL MORTERO EPÓXICO EN LA RESISTENCIA DE CONCRETOS DE DIFERENTE EDAD | |
| TESISTA | : Bach. Ing. Civil Dilmer Astochado Mondragón | |
| CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO | | |
| Fecha de Corrección | : viernes 27 de enero del 2017 | |
| Realizado por | : Bach. Ing. Civil Dilmer Astochado Mondragón | |
| Revisado por | : M en I. Héctor Albarino Pérez Loayza | |
| 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 | : 369.20 Kg/m ³ |
| | Agua de diseño | : 216.00 lt/m ³ |
| | Agregado Fino seco | : 933.90 Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso seco | : 698.50 Kg/m ³ |
| Contenido de Humedad de los Componentes | Agregado Fino | : 4.95 % |
| | Agregado Grueso | : 1.15 % |
| Absorción de los Componentes | Agregado Fino | : 1.24 % |
| | Agregado Grueso | : 0.93 % |
| Peso Húmedo de los Componentes | Agregado Fino | : 980.20 Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso | : 706.50 Kg/m ³ |
| Humedad Superficial de los Componentes | Agregado Fino | : 3.71 % |
| | Agregado Grueso | : 0.23 % |
| Aporte de Humedad de los Componentes | Agregado Fino | : 34.70 lt/m ³ |
| | Agregado Grueso | : 1.60 lt/m ³ |
| | Aporte Total | : 36.30 lt/m ³ |
| Agua Efectiva | Agua Efectiva | : 179.70 lt/m ³ |
| Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m³ | Cemento | : 369.20 Kg/m ³ |
| | Agua Efectiva | : 179.70 lt/m ³ |
| | Agregado Fino Húmedo | : 980.20 Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso Húmedo | : 706.50 Kg/m ³ |
| Relación Agua / Cemento Efectiva | | : 0.49 |
| Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento. | Cemento | : 42.5 Kg/bls |
| | Agua Efectiva | : 20.7 lt/bls |
| | Agregado fino húmedo | : 112.8 Kg/bls |
| | Agregado grueso húmedo | : 81.3 Kg/bls |
| Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado. | Cemento | : 1 |
| | Agregado fino húmedo | : 2.65 |
| | Agregado grueso húmedo | : 1.91 |
| | Agua Efectiva | : 20.69 lt / bolsa |

Cuadro N° 4: Corrección por agua adicional, apariencia, asentamiento y contenido de aire de los agregados

| | | | |
|--|---|---|-----------------------|
| TESIS | : EFECTO DEL MORTERO EPÓXICO EN LA RESISTENCIA DE CONCRETOS DE DIFERENTE EDAD | | |
| TESISTA | : Bach. Ing. Civil Dilmer Astochado Mondragón | | |
| CORRECCIÓN POR APARIENCIA, ASENTAMIENTO, AGUA ADICIONAL Y CONTENIDO DE AIRE | | | |
| Fecha de Corrección | : viernes 27 de enero del 2017 | | |
| Realizado por | : Bach. Ing. Civil Dilmer Astochado Mondragón | | |
| Revisado por | : M en I. Héctor Albarino Pérez Loayza | | |
| 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 | : | 4.95 % |
| | Agregado Grueso | : | 1.15 % |
| Absorción de los Componentes | Agregado Fino | : | 1.24 % |
| | Agregado Grueso | : | 0.93 % |
| Humedad Superficial de los Componentes | Agregado Fino | : | 3.71 % |
| | Agregado Grueso | : | 0.23 % |
| Materiales de diseño por tanda (0.02 m3) | Cemento | : | 7.38 Kg/tanda |
| | Agua de diseño | : | 4.32 lt/tanda |
| | Agregado Fino seco | : | 18.68 Kg/tanda |
| | Agregado Grueso seco | : | 13.97 Kg/tanda |
| Materiales corregidos por humedad por tanda (0.02 m3) | Cemento | : | 7.38 Kg/tanda |
| | Agua Efectiva | : | 3.59 lt/tanda |
| | Agregado fino húmedo | : | 19.60 Kg/tanda |
| | Agregado grueso húmedo | : | 14.13 Kg/tanda |
| Datos obtenidos en laboratorio | Apariencia : sobrearenosa | : | |
| | Asentamiento | : | 8.00 cm |
| | Agua adicional | : | 50.00 cm3 |
| | Contenido de Aire | : | 0.00 % |
| | Peso Unitario del Concreto | : | 2304.29 Kg/m3 |
| | | | |
| Tanda de mezclado | Cemento | : | 7.38 Kg/tanda |
| | Agua Añadida | : | 3.64 lt/tanda |
| | Agregado fino húmedo | : | 19.60 Kg/tanda |
| | Agregado grueso húmedo | : | 14.13 Kg/tanda |
| | Peso de la Tanda | : | 44.76 Kg/tanda |
| Rendimiento | Rendimiento de la tanda | : | 0.019426 m3/tanda |
| Agua de mezclado por tanda | Aporte del Agregado Fino | : | 0.69 lt/tanda |
| | Aporte del Agregado Grueso | : | 0.03 lt/tanda |
| | Agua Añadida | : | 3.64 lt/tanda |
| | Agua de mezclado por tanda | : | 4.36 lt/tanda |
| Agua de mezclado por m3, corrección por agua adicional | Agua de mezclado por m3 | : | 224.65 lt/m3 |
| Corrección por asentamiento (Incremento de 2 lt por cada incremento de 1 cm en asentamiento) | Asentamiento deseado | : | 9.00 cm |
| | Asentamiento obtenido | : | 8.00 cm |
| | Incrementar asentamiento en | : | 1.00 cm |
| | Incrementar el agua de mezcla en | : | 2.00 lt/m3 |
| Agua de mezclado por m3, corrección por asentamiento | Agua de mezclado por m3 | : | 226.65 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 | : | 0.00 % |
| | Incrementar el contenido de aire en | : | 2.50 % |
| | Disminuir el agua de mezcla en | : | -7.50 lt/m3 |
| Agua de mezclado por m3, corrección por contenido de aire | Agua de mezclado por m3 | : | 219.15 lt/m3 |
| Corrección por apariencia de la mezcla (Método de los volúmenes absolutos) | Agua de diseño | : | 0.2192 m3 |
| | Cemento | : | 0.1201 m3 |
| | Aire atrapado | : | 0.0250 m3 |
| | Agregado grueso | : | 0.2473 m3 |
| | Agregado fino | : | 0.3884 m3 |
| Nuevos Materiales de Diseño | Agua de diseño | : | 219.20 lt/m3 |
| | Cemento | : | 374.71 Kg/m3 |
| | Agregado grueso | : | 628.65 Kg/m3 |
| | Agregado fino | : | 991.41 Kg/m3 |
| | Aire atrapado | : | 2.50 % |

Cuadro N° 5: Corrección por variación de la resistencia debido al grado de hidratación del concreto

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
| TESIS | : EFECTO DEL MORTERO EPÓXICO EN LA RESISTENCIA DE CONCRETOS DE DIFERENTE EDAD | | |
| TESISTA | : Bach. Ing. Civil Dilmer Astochado Mondragón | | |
| CORRECCIÓN POR RESISTENCIA / LEY DE POWERS | | | |
| Fecha de Corrección | : viernes 27 de enero del 2017 | | |
| Realizado por | : Bach. Ing. Civil Dilmer Astochado Mondragón | | |
| Revisado por | : M en I. Héctor Albarino Pérez Loayza | | |
| CORRECCIÓN A PARTIR DE LOS VALORES DE OBTENIDOS | | | |
| Cantera de donde se extraen los materiales : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE - RIO CHONTA | | | |
| Resistencia promedio de los especímenes de ensayo a los 7 días | Resistencia del especimen 01 | : | 173.36 kg/cm ² |
| | Resistencia del especimen 02 | : | 172.80 kg/cm ² |
| | Resistencia del especimen 03 | : | 176.48 kg/cm ² |
| | Resistencia del especimen 04 | : | 168.55 kg/cm ² |
| | Resistencia del especimen 05 | : | 174.31 kg/cm ² |
| | Resistencia del especimen 06 | : | 175.79 kg/cm ² |
| | Resistencia de 06 especímenes | : | 173.55 kg/cm ² |
| Probable resistencia a los 28 días (1.44 de la resistencia a los 7 días) | Resistencia probable a los 28 días | : | 246.44 kg/cm ² |
| Resistencia deseada a los 28 días | Resistencia deseada a los 28 días f _c | : | 210.00 kg/cm ² |
| Relación a/c empleada en el diseño original | Relación a/c diseño original | : | 0.59 |
| Grado de hidratación del concreto bajo las condiciones de curado | Grado de hidratación (α) | : | 0.51 |
| Relación a/c empleada en el diseño original | Relación a/c corregida por hidrat. | : | 0.63 |
| Nuevos Materiales de Diseño | Agua de diseño | : | 219.20 lt/m ³ |
| | Cemento | : | 347.94 Kg/m ³ |
| | Agregado grueso seco | : | 637.14 Kg/m ³ |
| | Agregado fino seco | : | 1004.79 Kg/m ³ |
| | Aire atrapado | : | 2.50 % |

Cuadro N° 6: Diseño base luego de efectuadas todas las correcciones

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
| TESIS | : EFECTO DEL MORTERO EPÓXICO EN LA RESISTENCIA DE CONCRETOS DE DIFERENTE EDAD | | |
| TESISTA | : Bach. Ing. Civil Dilmer Astochado Mondragón | | |
| 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 Dilmer Astochado Mondragón | | |
| Revisado por | : M en I. Héctor Albarino Pérez Loayza | | |
| 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 | : | 347.94 Kg/m ³ |
| | Agua de diseño | : | 219.20 lt/m ³ |
| | Agregado Fino seco | : | 1004.79 Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso seco | : | 637.14 Kg/m ³ |
| Contenido de Humedad de los Componentes | Agregado Fino | : | 4.95 % |
| | Agregado Grueso | : | 1.15 % |
| Absorción de los Componentes | Agregado Fino | : | 1.24 % |
| | Agregado Grueso | : | 0.93 % |
| Peso Húmedo de los Componentes | Agregado Fino | : | 1054.60 Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso | : | 644.50 Kg/m ³ |
| Humedad Superficial de los Componentes | Agregado Fino | : | 3.71 % |
| | Agregado Grueso | : | 0.23 % |
| Aporte de Humedad de los Componentes | Agregado Fino | : | 37.30 lt/m ³ |
| | Agregado Grueso | : | 1.40 lt/m ³ |
| | Aporte Total | : | 38.70 lt/m ³ |
| Agua Efectiva | Agua Efectiva | : | 180.50 lt/m ³ |
| Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m³ | Cemento | : | 347.94 Kg/m ³ |
| | Agua Efectiva | : | 180.50 lt/m ³ |
| | Agregado Fino Húmedo | : | 1054.60 Kg/m ³ |
| | Agregado Grueso Húmedo | : | 644.50 Kg/m ³ |
| Relación Agua / Cemento Efectiva | | : | 0.52 |
| Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento. | Cemento | : | 42.5 Kg/bls |
| | Agua Efectiva | : | 22.0 lt/bls |
| | Agregado fino húmedo | : | 128.8 Kg/bls |
| | Agregado grueso húmedo | : | 78.7 Kg/bls |
| Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado. | Cemento | : | 1 |
| | Agregado fino húmedo | : | 3.03 |
| | Agregado grueso húmedo | : | 1.85 |
| | Agua Efectiva | : | 22.0 lt / saco |
| Proporción en volumen de obra de los materiales componentes del concreto. | Cemento | : | 1 |
| | Agregado fino | : | 2.78 |
| | Agregado grueso | : | 1.88 |
| | Agua Efectiva | : | 22.0 lt / saco |

7.6. ANEXO VII: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS

Tabla N° 47: Resistencia a la Compresión especímenes Patrón a los 7 días.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|------------|-------------------|
| ESPECIMEN PADRON | | | | | |
| CEMENTO : | PACASMAYO TIPO I (ASTM C-150) | | | | |
| FECHA ELAB. | 08/02/2017 | EDAD | | fc | |
| FECHA ROT. | 15/02/2017 | 7 DIAS | | 210 kg/cm2 | |
| CODIGO | H (cm) | DIAM.(cm) | AREA (m2) | CARGA (tn) | σ (kg/cm2) |
| PP-01 | 20.04 | 10.02 | 78.85 | 14.00 | 177.54 |
| PP-02 | 20.12 | 10.10 | 80.12 | 15.00 | 187.22 |
| PP-03 | 20.30 | 10.08 | 79.80 | 14.50 | 181.70 |
| PP-04 | 20.04 | 10.12 | 80.44 | 16.50 | 205.13 |
| PP-05 | 20.16 | 10.16 | 81.07 | 15.00 | 185.02 |
| PP-06 | 20.19 | 10.09 | 79.96 | 14.00 | 175.09 |
| PP-07 | 20.05 | 10.12 | 80.44 | 14.50 | 180.27 |
| PP-08 | 20.12 | 10.19 | 81.55 | 15.00 | 183.93 |
| PP-09 | 20.07 | 10.13 | 80.60 | 14.50 | 179.91 |
| PP-10 | 20.22 | 10.10 | 80.12 | 15.00 | 187.00 |

Fuente: Tesista

Tabla N° 48: Resistencia a la Compresión especímenes Patrón a los 14 días

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|------------|-------------------|
| ESPECIMEN PADRÓN | | | | | |
| CEMENTO : | PACASMAYO TIPO I (ASTM C-150) | | | | |
| FECHA ELAB. | 16/02/2017 | EDAD | | fc | |
| FECHA ROT. | 02/03/2017 | 14 DÍAS | | 210 kg/cm2 | |
| CÓDIGO | H (cm) | DIAM.(cm) | ÁREA (m2) | CARGA (tn) | σ (kg/cm2) |
| PP-01 | 20.01 | 10.06 | 79.49 | 18.50 | 232.75 |
| PP-02 | 20.12 | 10.07 | 79.64 | 17.50 | 219.73 |
| PP-03 | 20.26 | 10.13 | 80.60 | 18.00 | 223.34 |
| PP-04 | 20.14 | 10.08 | 79.80 | 18.50 | 231.83 |
| PP-05 | 20.13 | 10.05 | 79.33 | 18.50 | 233.21 |
| PP-06 | 20.20 | 10.07 | 79.64 | 18.00 | 226.01 |
| PP-07 | 20.22 | 10.10 | 80.12 | 17.50 | 218.43 |
| PP-08 | 20.17 | 10.06 | 79.49 | 18.50 | 232.75 |
| PP-09 | 20.05 | 10.11 | 80.28 | 18.50 | 230.45 |
| PP-10 | 20.31 | 10.08 | 79.80 | 19.00 | 238.09 |

Fuente: Tesista

Tabla N° 49: Resistencia a la Compresión especímenes Patrón a los 28 días

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ESPECIMEN PADRON | | | | | |
| CEMENTO : | PACASMAYO TIPO I (ASTM C-150) | | | | |
| FECHA ELAB. | 17/02/2017 | EDAD | | f _c | |
| FECHA ROT. | 17/03/2017 | 28 DIAS | | 210 kg/cm ² | |
| CODIGO | H (cm) | DIAM.(cm) | AREA (m ²) | CARGA (tn) | σ(kg/cm ²) |
| PP-01 | 20.09 | 10.02 | 78.85 | 20.50 | 259.97 |
| PP-02 | 20.12 | 10.10 | 80.12 | 20.00 | 249.63 |
| PP-03 | 20.20 | 10.30 | 83.32 | 21.00 | 252.03 |
| PP-04 | 20.11 | 10.08 | 79.80 | 20.50 | 256.89 |
| PP-05 | 20.17 | 10.01 | 78.70 | 20.00 | 254.14 |
| PP-06 | 20.13 | 10.05 | 79.33 | 21.00 | 264.73 |
| PP-07 | 20.21 | 10.13 | 80.60 | 20.50 | 254.36 |
| PP-08 | 20.05 | 10.20 | 81.71 | 20.00 | 244.76 |
| PP-09 | 20.18 | 10.18 | 81.39 | 20.50 | 251.87 |
| PP-10 | 20.40 | 10.01 | 78.70 | 21.00 | 266.85 |

Fuente: tesista

Tabla N° 50: Resistencia a la Compresión especímenes con 30° de inclinación a los 7 días

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ESPÉCIMEN DE 30° | | | | | |
| CEMENTO : | PACASMAYO TIPO I (ASTM C-150) | | | | |
| FECHA ELAB. | 20/03/2017 | EDAD | | f _c | |
| FECHA ROT. | 27/03/2017 | 7 DÍAS | | 210 kg/cm ² | |
| CÓDIGO | H (cm) | DIAM.(cm) | ÁREA (m ²) | CARGA (tn) | σ(kg/cm ²) |
| P-01 | 20.01 | 10.01 | 78.70 | 16.50 | 205.33 |
| P-02 | 20.08 | 10.05 | 79.33 | 15.00 | 184.90 |
| P-03 | 20.40 | 10.02 | 78.85 | 14.50 | 183.77 |
| P-04 | 20.30 | 10.10 | 80.12 | 18.00 | 220.91 |
| P-05 | 20.16 | 10.21 | 81.87 | 15.00 | 182.54 |
| P-06 | 20.09 | 10.15 | 80.91 | 14.50 | 180.35 |
| P-07 | 20.10 | 10.16 | 81.07 | 15.00 | 184.81 |
| P-08 | 20.11 | 10.18 | 81.39 | 15.50 | 191.48 |
| P-09 | 20.02 | 10.10 | 80.12 | 14.50 | 181.17 |
| P-10 | 20.20 | 10.03 | 79.01 | 16.00 | 200.76 |

Fuente: Tesista

Tabla N° 51: Resistencia a la Compresión especímenes con 30° de inclinación a los 14 días

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ESPÉCIMEN DE 30° | | | | | |
| CEMENTO : | PACASMAYO TIPO I (ASTM C-150) | | | | |
| FECHA ELAB. | 21/03/2017 | EDAD | | fc | |
| FECHA ROT. | 04/04/2017 | 14 DÍAS | | 210 kg/cm ² | |
| CÓDIGO | H (cm) | DIAM.(cm) | ÁREA (m ²) | CARGA (tn) | σ(kg/cm ²) |
| PP-01 | 20.05 | 10.01 | 78.70 | 20.00 | 255.90 |
| PP-02 | 20.12 | 10.21 | 81.87 | 18.00 | 222.59 |
| PP-03 | 20.01 | 10.13 | 80.60 | 17.50 | 218.95 |
| PP-04 | 20.08 | 10.05 | 79.33 | 19.00 | 237.96 |
| PP-05 | 20.03 | 10.19 | 81.55 | 18.50 | 229.76 |
| PP-06 | 20.11 | 10.16 | 81.07 | 18.00 | 224.02 |
| PP-07 | 20.17 | 10.11 | 80.28 | 19.00 | 238.45 |
| PP-08 | 20.14 | 10.09 | 79.96 | 18.50 | 237.73 |
| PP-09 | 20.15 | 10.10 | 80.12 | 19.00 | 237.74 |
| PP-10 | 20.25 | 10.00 | 78.54 | 19.00 | 239.29 |

Fuente: Tesista

Tabla N° 52: Resistencia a la Compresión especímenes con 30° de inclinación a los 28 días

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ESPECIMEN DE 30° | | | | | |
| CEMENTO : | PACASMAYO TIPO I (ASTM C-150) | | | | |
| FECHA ELAB. | 22/03/2017 | EDAD | | fc | |
| FECHA ROT. | 13/04/2017 | 28 DIAS | | 210 kg/cm ² | |
| CODIGO | H (cm) | DIAM.(cm) | AREA (m ²) | CARGA (tn) | σ(kg/cm ²) |
| PP-01 | 20.20 | 10.10 | 80.12 | 21.00 | 262.11 |
| PP-02 | 20.05 | 10.17 | 81.23 | 20.00 | 246.21 |
| PP-03 | 20.21 | 10.02 | 78.85 | 21.00 | 266.31 |
| PP-04 | 20.17 | 10.09 | 79.96 | 20.50 | 256.38 |
| PP-05 | 20.05 | 10.05 | 79.33 | 20.00 | 252.12 |
| PP-06 | 20.13 | 10.21 | 81.87 | 21.00 | 256.49 |
| PP-07 | 20.17 | 10.04 | 79.17 | 20.50 | 258.94 |
| PP-08 | 20.15 | 10.11 | 80.28 | 20.00 | 249.14 |
| PP-09 | 20.11 | 10.24 | 82.35 | 20.50 | 248.92 |
| PP-10 | 20.05 | 10.21 | 81.87 | 21.00 | 256.49 |

Fuente: Tesista

Tabla N° 53: Resistencia a la Compresión especímenes con 45° de inclinación a los 7 días

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|------------|-------------------|
| ESPECIMEN DE 45° | | | | | |
| CEMENTO : | PACASMAYO TIPO I (ASTM C-150) | | | | |
| FECHA ELAB. | 20/03/2017 | EDAD | | f'c | |
| FECHA ROT. | 27/03/2017 | 7 DIAS | | 210 kg/cm2 | |
| CODIGO | H (cm) | DIAM.(cm) | AREA (m2) | CARGA (tn) | σ (kg/cm2) |
| PP-01 | 20.02 | 10.16 | 81.07 | 15.00 | 185.02 |
| PP-02 | 20.10 | 10.09 | 79.96 | 15.50 | 193.85 |
| PP-03 | 20.08 | 10.19 | 81.55 | 15.00 | 183.93 |
| PP-04 | 20.15 | 10.04 | 79.17 | 17.00 | 214.73 |
| PP-05 | 20.05 | 10.02 | 78.85 | 14.50 | 183.88 |
| PP-06 | 20.10 | 10.17 | 81.23 | 15.00 | 184.65 |
| PP-07 | 20.05 | 10.22 | 82.03 | 15.00 | 182.85 |
| PP-08 | 20.00 | 10.10 | 80.12 | 15.00 | 187.22 |
| PP-09 | 20.01 | 10.08 | 79.80 | 14.50 | 181.70 |
| PP-10 | 20.25 | 10.03 | 79.01 | 16.00 | 202.50 |

Fuente: Tesista

Tabla N° 54: Resistencia a la Compresión especímenes con 45° de inclinación a los 14 días

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|------------|-------------------|
| ESPECIMEN DE 45° | | | | | |
| CEMENTO : | PACASMAYO TIPO I (ASTM C-150) | | | | |
| FECHA ELAB. | 21/03/2017 | EDAD | | f'c | |
| FECHA ROT. | 04/04/2017 | 14 DIAS | | 210 kg/cm2 | |
| CODIGO | H (cm) | DIAM.(cm) | AREA (m2) | CARGA (tn) | σ (kg/cm2) |
| PP-01 | 20.05 | 10.15 | 80.91 | 19.00 | 234.82 |
| PP-02 | 20.10 | 10.09 | 79.96 | 18.00 | 225.11 |
| PP-03 | 20.05 | 10.10 | 80.12 | 18.50 | 230.91 |
| PP-04 | 20.15 | 10.18 | 81.39 | 19.00 | 233.44 |
| PP-05 | 20.00 | 10.21 | 81.87 | 18.00 | 219.85 |
| PP-06 | 20.10 | 10.04 | 79.17 | 19.00 | 239.99 |
| PP-07 | 20.00 | 10.01 | 78.70 | 17.50 | 222.37 |
| PP-08 | 20.15 | 10.13 | 80.60 | 19.00 | 235.75 |
| PP-09 | 20.20 | 10.27 | 82.84 | 18.50 | 223.33 |
| PP-10 | 20.05 | 10.17 | 81.23 | 18.00 | 221.59 |

Fuente: Tesista

Tabla N° 55: Resistencia a la Compresión especímenes con 45° de inclinación a los 28 días

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------|------------|-------------------|
| ESPECIMEN DE 45° | | | | | |
| CEMENTO : | PACASMAYO TIPO I (ASTM C-150) | | | | |
| FECHA ELAB. | 22/03/2017 | EDAD | f'c | | |
| FECHA ROT. | 13/04/2017 | 28 DIAS | 210 kg/cm2 | | |
| CODIGO | H (cm) | DIAM.(cm) | AREA (m2) | CARGA (tn) | σ (kg/cm2) |
| PP-01 | 20.03 | 10.09 | 79.96 | 20.50 | 256.38 |
| PP-02 | 20.15 | 10.12 | 80.44 | 20.00 | 248.64 |
| PP-03 | 20.13 | 10.21 | 81.87 | 21.50 | 262.60 |
| PP-04 | 10.20 | 10.05 | 79.33 | 20.50 | 258.42 |
| PP-05 | 20.10 | 10.12 | 80.44 | 21.00 | 261.08 |
| PP-06 | 20.00 | 10.19 | 81.55 | 20.50 | 251.37 |
| PP-07 | 20.04 | 10.08 | 79.80 | 21.00 | 263.15 |
| PP-08 | 20.08 | 10.03 | 79.01 | 21.00 | 265.78 |
| PP-09 | 20.14 | 10.00 | 78.54 | 20.50 | 261.01 |
| PP-10 | 20.11 | 10.16 | 81.07 | 22.00 | 271.36 |

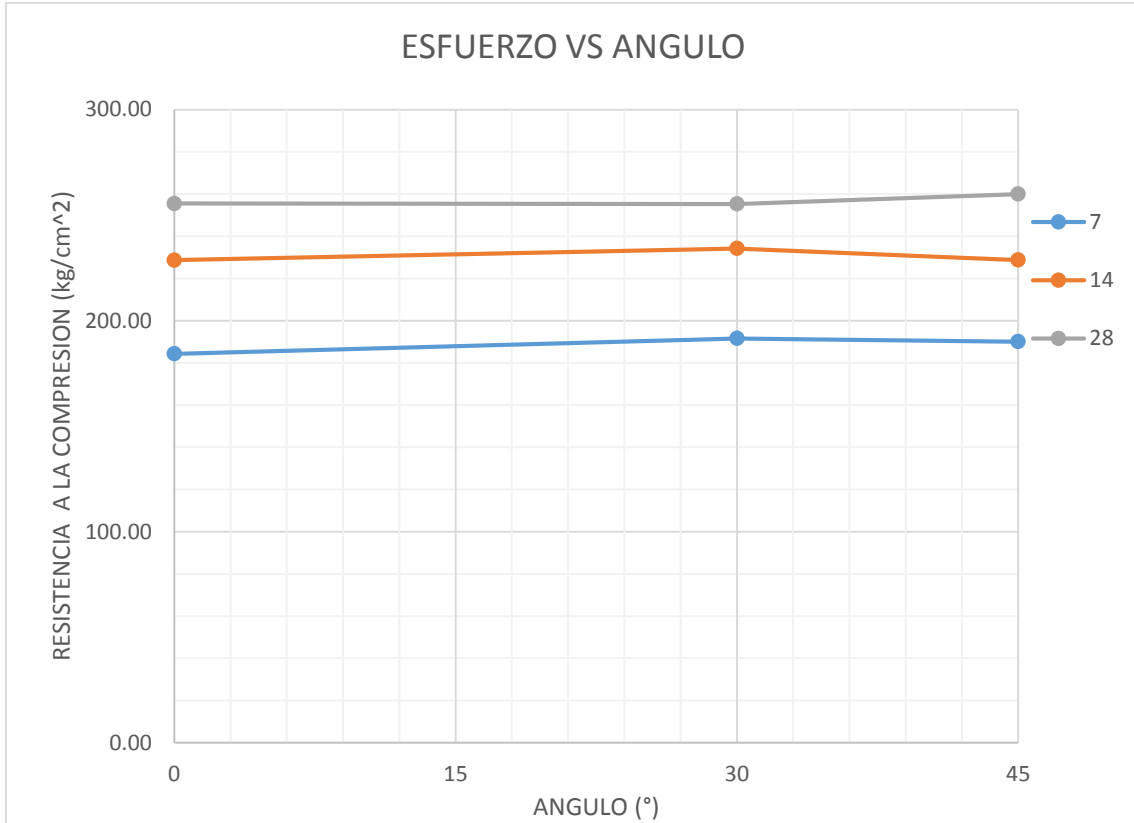
Fuente: Tesista

Tabla N° 56: Análisis estadístico de los especímenes a compresión

| ANALISIS ESTADISTICO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm^2) | | | | |
|--|--------------------------------|---------|---------|---------|
| EDAD (dias) | VARIABLES | PP (0°) | P (30°) | P (45°) |
| | | 0 | 30 | 45 |
| 7 | Media (\bar{X}) | 184.28 | 191.60 | 190.03 |
| | Varianza (S^2) | 69.25 | 177.93 | 115.33 |
| | Desv. Estándar (S) | 8.32 | 13.34 | 10.74 |
| | Coef Variación (S/\bar{X}) | 0.05 | 0.07 | 0.06 |
| 14 | Media (\bar{X}) | 228.66 | 234.24 | 228.71 |
| | Varianza (S^2) | 41.79 | 116.08 | 50.29 |
| | Desv. Estándar (S) | 6.46 | 10.77 | 7.09 |
| | Coef Variación (S/\bar{X}) | 0.03 | 0.05 | 0.03 |
| 28 | Media (\bar{X}) | 255.52 | 255.31 | 259.98 |
| | Varianza (S^2) | 46.00 | 39.60 | 44.49 |
| | Desv. Estándar (S) | 6.78 | 6.29 | 6.67 |
| | Coef Variación (S/\bar{X}) | 0.03 | 0.02 | 0.03 |

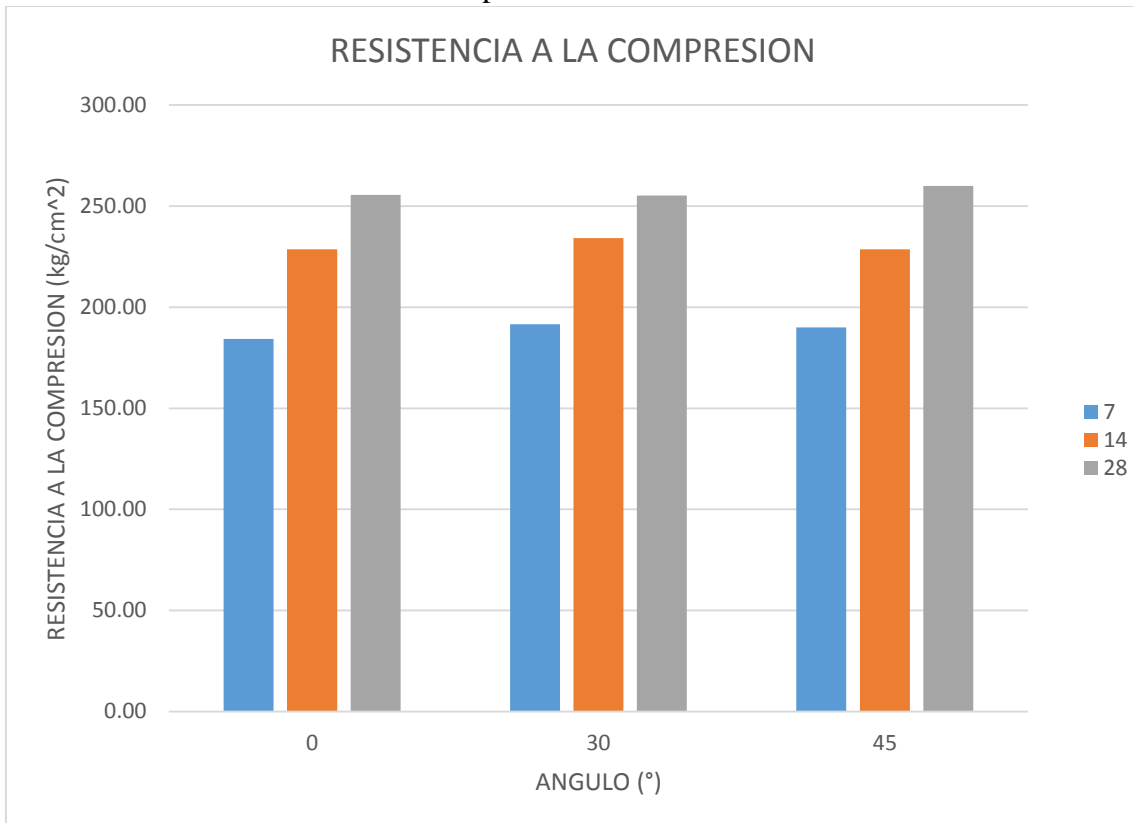
Fuente: Tesista

Grafica N° 15: Esfuerzo vs Angulo de Acuerdo a sus Edades



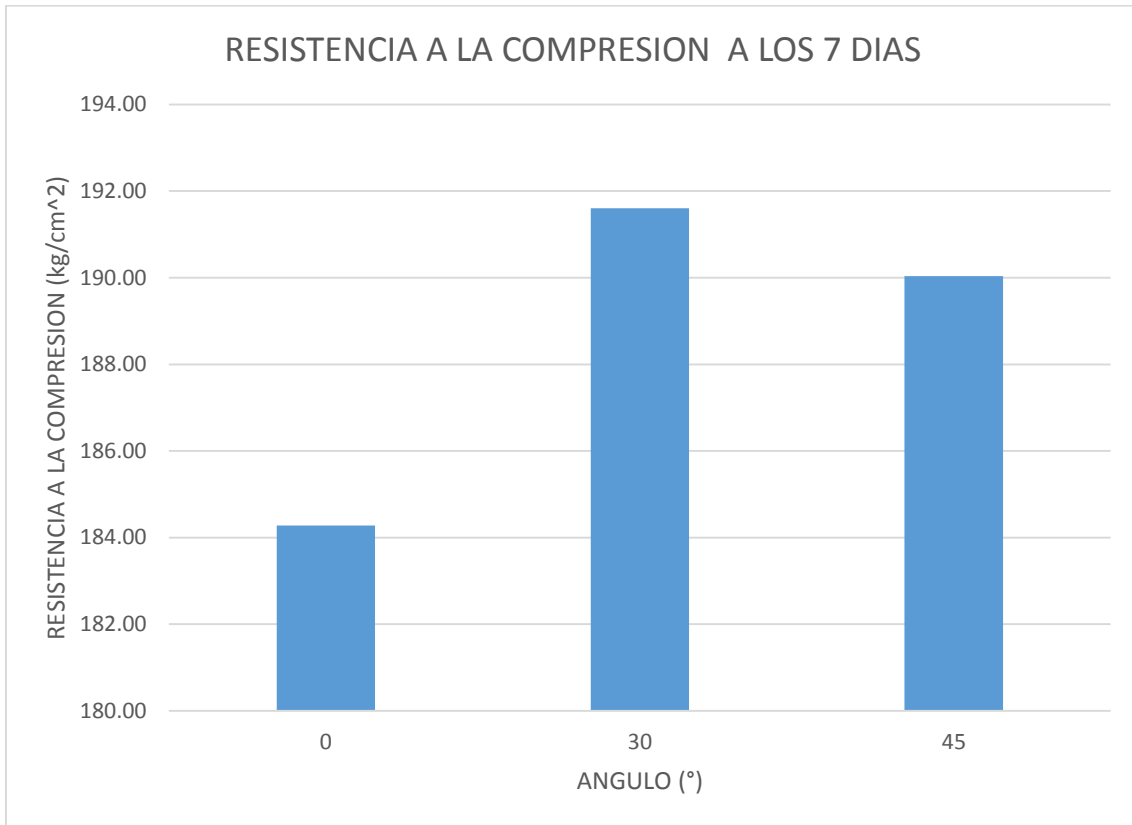
Fuente: Tesista

Grafica N° 16: Resistencia a la Compresión de acuerdo a sus Edades



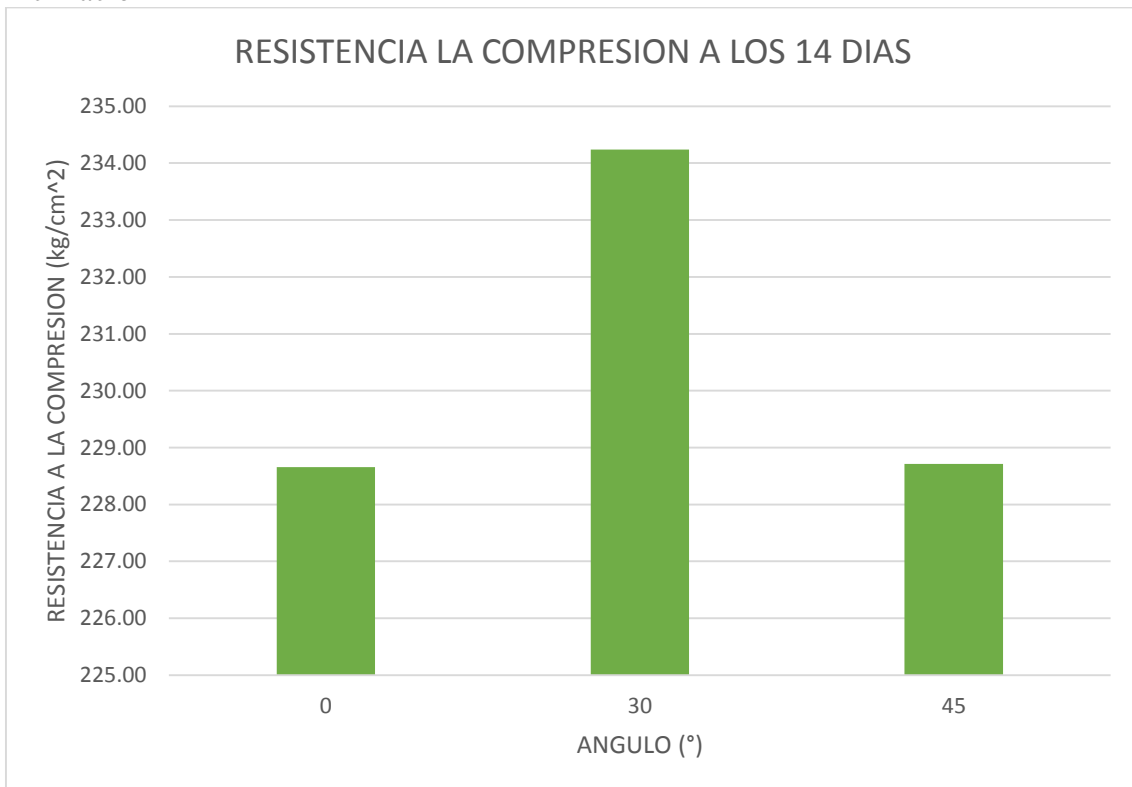
Fuente: Tesista

Grafica N° 17: Resistencia a Compresión a los 7 días con sus respectivos angulos de inclinación



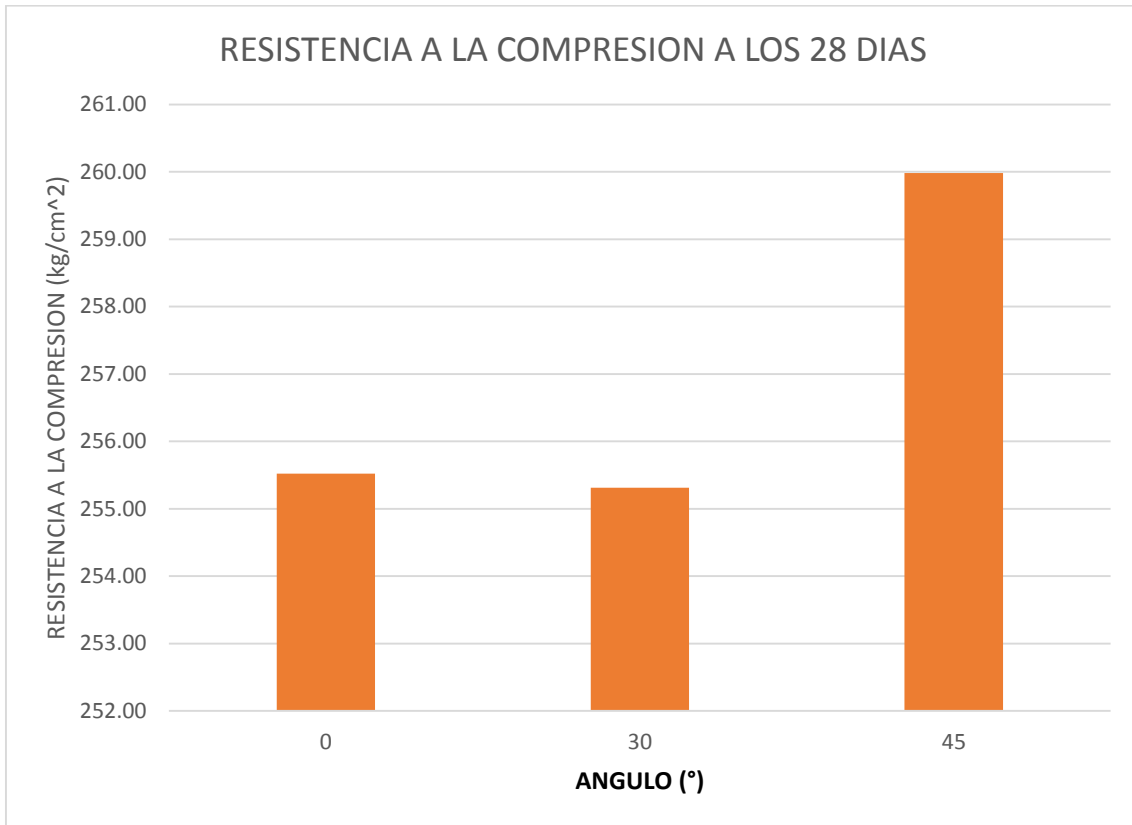
Fuente: Tesista

Grafica N° 18: Resistencia a Compresión a los 14 días con sus respectivos angulos de inclinación



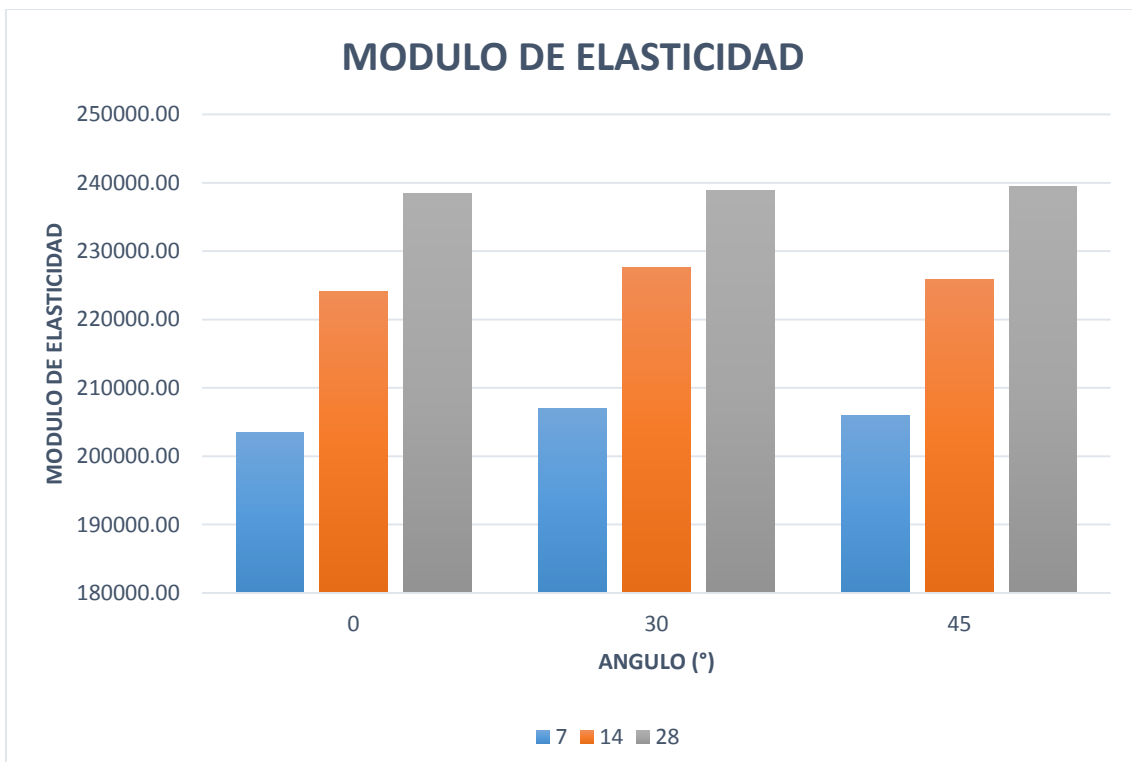
Fuente: Tesista

Grafica N° 19: Resistencia a Compresión a los 28 días con sus respectivos angulos de inclinación



Fuente: Tesista

Grafica N° 20: Modulo de Elasticidad del Concreto



Fuente: Tesista

7.7. ANEXO VIII: PANEL FOTOGRÁFICO



Imagen N° 8: Cantera Acosta de la Cual se compró los agregados para la investigación



Imagen N° 9: Análisis Granulométrico de los Agregados



Imagen N° 10: Peso Unitario Seco Compactado del Agregado



Imagen N° 11: Peso Unitario Seco Suelto del agregado



Imagen N° 12: Peso Específico del Agregado Grueso



Imagen N° 13: Concreto en Estado Fresco y Endurecido



Imagen N° 14: Resistencia a la compresión de los especímenes patrón

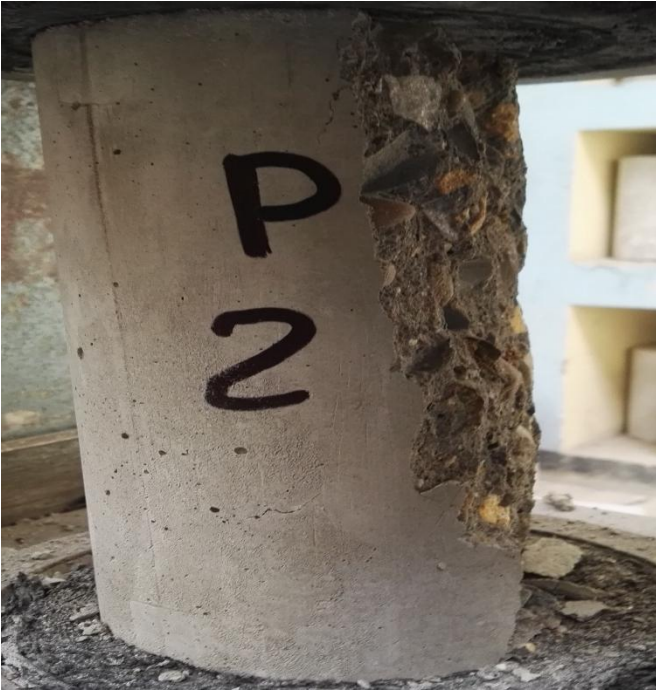


Imagen N° 15: Falla frágil del espécimen patrón



Imagen N° 16: Rotura del espécimen probado a compresión

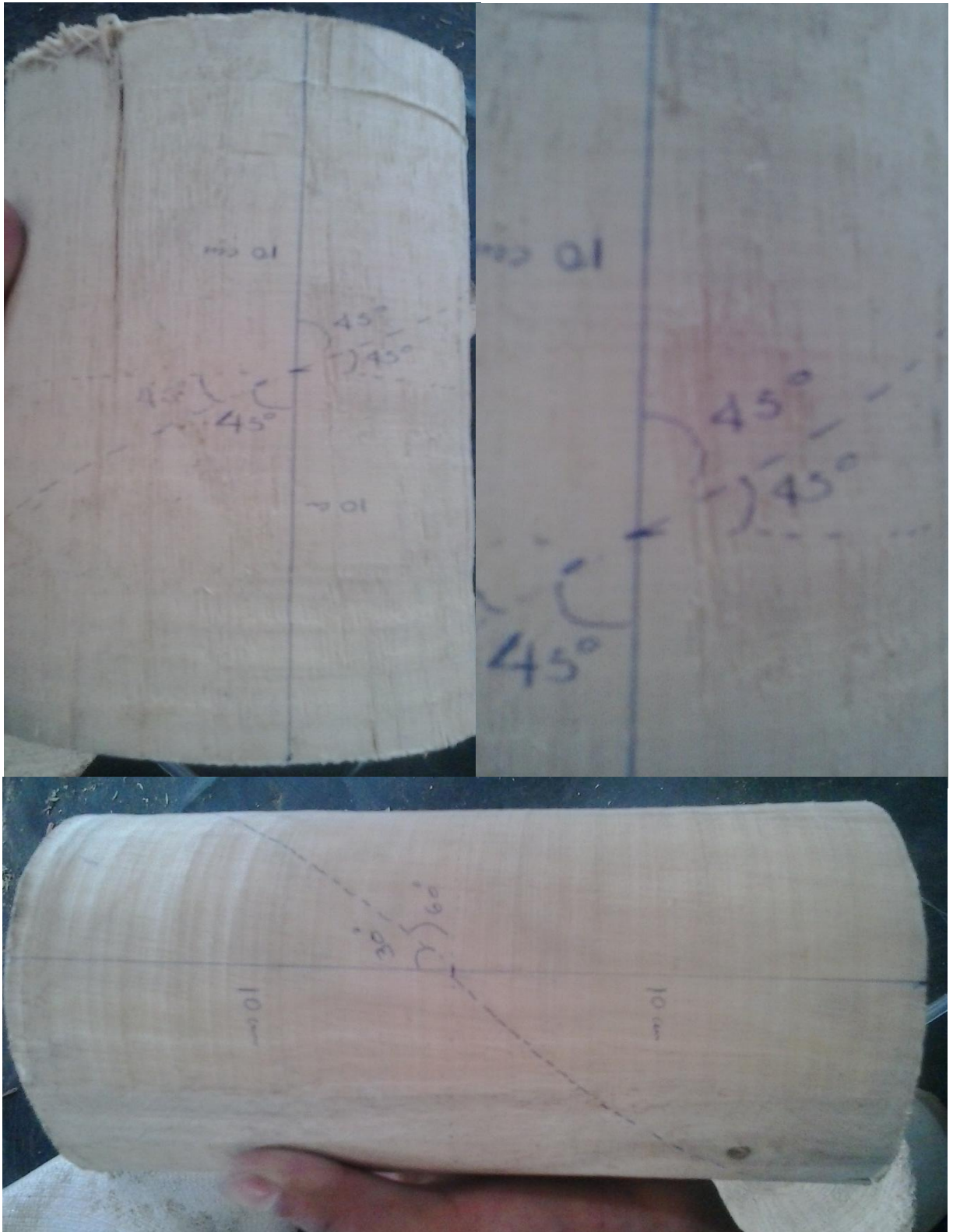


Imagen N° 17: Madera utilizada en forma de cuña para los ángulos de 30° y 45°



Imagen N° 18: Concreto en estado endurecido con ángulos de 30° y 45°



Imagen N° 19: Presentación del Mortero Epóxico Chema Grout Epoxico NF.



Imagen N° 20: Peso de la resina (catalizador), para la mezcla con los otros componentes



Imagen N° 21: Peso de la resina (endurecedor), para la mezcla con los otros componentes



Imagen N° 22: Mezcla de las resinas epóxicas, cuidando que no ingrese burbujas de aire



Imagen N° 23: Mezcla de los tres componentes para obtener el mortero epóxico



Imagen N° 24: Obtención del concreto en estado endurecido con unión de mortero epóxico



Imagen N° 25: Obtención del concreto en estado endurecido con unión de mortero epóxico en diferentes edades.



Imagen N° 26: Prueba de roturas de los especímenes, en presencia de mi asesor: M. en I. Héctor A. Pérez Loayza.



Imagen N°27: Rotura de los especímenes de 30° unidos con mortero epóxico



Imagen N° 28: rotura de los especimenes de 45° unidos con mortero epóxico



Imagen N° 29: Rotura de los especímenes unidos con mortero epóxico.