

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil



**"INFLUENCIA DEL ADITIVO SIKA VISCO CRETE 3330 EN LA DURABILIDAD DEL
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ELABORADO CON CEMENTO**

TIPO II Y V"

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

CARMEN GISSELA PEREZ VILLAR

ASESOR:

MCS: HECTOR PEREZ LOAYZA

CAJAMARCA – PERÚ

2015

AGRADECIMIENTO.

A DIOS

Por darme una familia maravillosa y Bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este Sueño Anhelado.

A MI ASESOR

Mcs Ing. Héctor Pérez Loayza, por haberme dedicado su valioso tiempo, por sus aportes, críticas, comentarios, sugerencias, apoyo y amistad o a lo largo de esta investigación.

Mención aparte, al Ing. Lezama Leyva por sus sabios conocimientos y amistad brindados durante la elaboración de esta investigación.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Facultad de Ingeniería, especialmente a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional, a toda su plana docente por los conocimientos y orientación impartidos durante mi formación Profesional.

A LA EMPRESA CONSTRUCTORA LA ROCKA SAC

En especial al Gerente General Ysidro Rodríguez por la orientación, ayuda y donación del aditivo sin los cuales no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

A mis amigos Mireya Estefany, Anderson Rodríguez, Beatriz Sanchez, Obandy Torres, Armando Asencio, Leiner Guerrero, Katia Carrión, Rocio Morí, Jhoise Sthepanee, Arturo Villanueva, Ángel Pérez, Carlos Varas, Elsa Olaya, Oscar Julca, Karina Salazar, Susana Arana y Denisse Negrillo por su amistad consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida a quienes los llevare en mi corazón sin importar donde estén, gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones, los quiero!.

Al Bach en Ing. Fernando Salazar por su apoyo durante el trabajo de investigación.

Al laboratorio de ensayo de materiales (UNC), al Ing. Juan Villanueva, Técnico del laboratorio de ensayos de materiales, por su apoyo en la realización de pruebas.

A la Promoción 2008 Ingeniería Civil, Por su compañía y compañerismo durante estos 5 años.

Finalmente a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y respaldo gracias a todos por su confianza depositada en mi persona.

El Autor.

DEDICATORIA.

A Dios por bendecir siempre mi vida y permitirme obtener este logro.

A Laura Villar Cercado, por ser mi amiga, mi compañera, una madre ejemplar, mi todo; con tu amor, trabajo, sacrificio y paciencia has logrado convertirme en lo que soy, me has enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos, te amo mama.

A Edilberto Pérez Gonzales, mi súper héroe, mi fortaleza inexpugnable, por tu infinito amor y sacrificio, porque siempre has luchado para darme lo mejor, valores que has inculcado en mi vida han hecho de mí una mejor persona. Es una bendición ser tu hija, Te adoro papa.

A Yeny Karin, Liz Cecilia y Marco Antonio, por su ejemplo, dedicación, apoyo y amor incondicional a lo largo de carrera y elaboración de la Tesis. Es un privilegio ser su hermana.

A Digna Gonzales, Rosa Chavez (Q.D.D.G) y José Villar, los abuelos más fabulosos de todo el mundo, los quiero con todo mi corazón.

A Hannae por alegrar mi vida y llenarla de felicidad en cada momento.

A mi familia, compañeros y amigos quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Muchas gracias a todos ustedes.

El Autor

CONTENIDO

| | |
|--|------|
| AGRADECIMIENTOS | i |
| DEDICATORIA | iv |
| LISTA DE CUADROS | xiii |
| LISTA DE GRAFICOS | xii |
| LISTA DE FIGURAS | xv |
| RESUMEN | xvi |
| ABSTRACT | xvii |
| CAPITULO I: INTRODUCCION | |
| Introducción..... | 02 |
| Planteamiento del problema..... | 02 |
| Justificación..... | 03 |
| Objetivos..... | 03 |
| Hipótesis..... | 03 |
| CAPITULO II: MARCO TEORICO | |
| 2.1. ESTADO DE ARTE DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE. | |
| 2.1.1. Introducción..... | 05 |
| 2.1.2. Evolucion y desarrollo..... | 05 |
| 2.1.2.1. A nivel internacional..... | 05 |
| 2.1.2.2. A nivel nacional..... | 06 |
| 2.1.2.3. A nivel local..... | 07 |
| 2.1.3. Bases teóricas..... | 07 |
| 2.1.3.1. Definición de concreto autocompactante..... | 07 |
| 2.1.3.2. Características | 08 |
| 2.1.3.3. Aplicaciones del concreto autocompactante..... | 09 |
| 2.1.3.4. Ventajas y limitaciones..... | 10 |
| 2.1.3.5. Normativa..... | 11 |
| 2.1.3.6. Componentes del concreto autocompactante..... | 12 |
| 2.1.3.7. Puesta en obra..... | 13 |
| 2.1.3.8. Reología del concreto..... | 13 |
| 2.1.3.9. Durabilidad del concreto autocompactante..... | 19 |
| 2.1.3.9.1. Microestructura e hidratación del hormigón autocompactante..... | 19 |
| 2.1.3.9.2. Consideraciones de ACI 318..... | 19 |

2.2. MATERIALES PARA EL CONCRETO

2.2.1. EL CEMENTO

| | |
|---|----|
| 2.2.2.1. Introducción..... | 22 |
| 2.2.2.2. Definición..... | 22 |
| 2.2.2.3. Cemento portland normal..... | 22 |
| 2.2.2.4. Composición del cemento portland..... | 23 |
| 2.2.2.5. Características esenciales del cemento..... | 24 |
| 2.2.2.5.1. Composición química del cemento..... | 24 |
| 2.2.2.5.2. Características físicas y mecánicas..... | 26 |
| 2.2.2.6. Tipos de cementos utilizados en la investigación – aplicaciones..... | 27 |
| 2.2.2.6.1. Cemento Portland Tipo V..... | 27 |
| 2.2.2.6.2. Cemento Portland Tipo II– Tipo MS MH R | 28 |

2.2.2. AGREGADOS PARA EL CONCRETO

| | |
|--|----|
| 2.2.2.1. Generalidades..... | 30 |
| 2.2.2.2. Propiedades físicas de los agregados..... | 31 |
| 2.2.2.2.1. Granulometría (NTP 400.012)..... | 31 |
| 2.2.2.2.2. Módulo de Finura (NTP 400.012)..... | 34 |
| 2.2.2.2.3. Peso Unitario (NTP 400.017)..... | 34 |
| 2.2.2.2.4. Peso específico (NTP 400.022)..... | 35 |
| 2.2.2.2.5. Porcentaje de absorción..... | 35 |
| 2.2.2.2.6. Contenido de humedad..... | 36 |
| 2.2.2.2.7. Contaminación de los agregados..... | 36 |
| 2.2.2.2.8. Tamaño máximo..... | 37 |
| 2.2.2.2.9. Tamaño Nominal Máximo..... | 37 |

2.2.3. AGUA PARA EL CONCRETO

| | |
|--|----|
| 2.2.3.1. Conceptos Generales..... | 38 |
| 2.2.3.2. Requisitos de Calidad..... | 38 |
| 2.2.3.3. Requisitos del comité de ACI..... | 39 |
| 2.2.3.4. Efectos en el concreto..... | 39 |

2.2.4. ADITIVO PARA EL CONCRETO

| | |
|---|----|
| 2.2.4.1. Introducción..... | 41 |
| 2.2.4.2. Definición..... | 41 |
| 2.2.4.3. Características generales..... | 41 |
| 2.2.4.4. Concepto de aditivos aplicados a la investigación..... | 43 |
| 2.2.4.4.1. Aditivo Superplastificante..... | 43 |
| 2.2.4.5. Características del aditivo Sika Viscocrete 3330..... | 44 |
| 2.2.4.5.1. Descripción General..... | 44 |
| 2.2.4.5.2. Campos de aplicación..... | 44 |
| 2.2.4.5.3. Datos Básicos..... | 45 |
| 2.2.4.5.4. Datos Técnicos..... | 45 |

| | |
|--|-----------|
| DEFINICION DE TERMINOS BASICOS..... | 46 |
|--|-----------|

CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS

| | |
|--|----|
| 3.1. Ubicación geográfica..... | 50 |
| 3.2. Metodología..... | 50 |
| 3.3. Procedimiento..... | 50 |
| 3.3.1. Aspectos Previos..... | 50 |
| 3.3.2. Materiales, equipos y herramientas..... | 51 |
| 3.3.2.1. Materiales..... | 51 |
| 3.3.2.2. Equipos..... | 51 |
| 3.3.3. Cantera..... | 51 |
| 3.3.3.1. Elección de la cantera..... | 52 |
| 3.3.3.2. Ubicación..... | 52 |
| 3.3.4. Determinación de las características físico mecánicas de los agregados..... | 53 |
| 3.3.4.1. Normas..... | 53 |
| 3.3.5. Diseño de Mezclas..... | 53 |
| 3.3.6. Elaboración de especímenes de concreto..... | 54 |
| 3.3.6.1. Propiedades y características del concreto en estado fresco..... | 54 |
| 3.3.6.1.1. Caracterización del CAC en Estado fresco..... | 54 |
| 3.3.6.1.2. Asentamiento..... | 62 |
| 3.3.6.1.3. Peso Unitario..... | 63 |
| 3.3.6.2. Propiedades características del concreto en estado endurecido..... | 64 |
| 3.3.6.2.1. Resistencia a la compresión..... | 64 |
| 3.3.6.2.2. Resistencia a la flexión..... | 65 |
| 3.3.6.2.3. Modulo elástico..... | 66 |
| 3.3.7. Curado de especímenes en el laboratorio..... | 67 |
| 3.3.8. Prueba de especímenes..... | 67 |

CAPITULO IV: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

| | |
|---|----|
| 4.1. Características de los Materiales..... | 68 |
| 4.2. Diseño de Mezclas..... | 69 |
| 4.2.1. Diseño de mezcla utilizando Cemento Pacasmayo Tipo V..... | 69 |
| 4.2.2. Diseño de mezcla utilizando Cemento Pacasmayo MS(MH)R..... | 70 |
| 4.2.3. Diseño de mezcla variando cantidad de cemento, utilizando Cemento Tipo V..... | 70 |
| 4.2.4. Diseño de mezcla variando cantidad de cemento, utilizando cemento MS(MH)R..... | 71 |
| 4.3. Ensayos y resultados del concreto..... | 71 |
| 4.3.1. Propiedades y características del concreto en estado fresco..... | 71 |
| 4.3.1.1. Caracterización del CAC en Estado fresco..... | 71 |
| 4.3.1.2. Peso Unitario..... | 76 |
| 4.3.2. Propiedades características del concreto en estado endurecido..... | 78 |
| 4.3.2.1. Resistencia a la compresión..... | 79 |
| 4.3.2.2. Resistencia a la flexión..... | 83 |

| | |
|--|------------|
| 4.3.2.3. Modulo elástico..... | 84 |
| 5.0.-Análisis de costos..... | 86 |
| 5.1. Introducción..... | 86 |
| 5.2. Costos en la construcción..... | 89 |
| 5.2.1. Costos de mano de obra en concretos convencionales vs CAC..... | 87 |
| 5.2.2. Costos de Materiales..... | 89 |
| 5.2.2.1. Costos del concreto elaborado con cemento Pacasmayo tipo V..... | 92 |
| 5.2.2.2. Costos de concreto elaborado con cemento Pacasmayo MS(MH)R..... | 93 |
| CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 99 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 101 |
| ANEXOS..... | 106 |
| Anexo A | |
| A.1.- Propiedades y características de los agregados | |
| Anexo B | |
| B.1.- Diseño de Mezclas. | |
| B2.- Consideraciones de Para la elaboración del concreto | |
| B.3.- Resultados de ensayos de resistencia a la compresión. | |
| Anexo C | |
| C.1.-Panel Fotográfico | |
| Anexo D | |
| D.1.-Hojas técnicas y Certificados | |

LISTA DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 2.1: Categorías y clases de exposición..... | 21 |
| Cuadro 2.2: Porcentaje promedio de componentes en el Cemento..... | 25 |
| Cuadro 2.3: Tipos de cementos requeridos para la exposición del concreto a los sulfatos en el agua..... | 28 |
| Cuadro 2.4: Aplicaciones y similitud de concretos más populares..... | 29 |
| Cuadro 2.5 Usos granulométricos de la NTP 400.037..... | 32 |
| Cuadro 2.6.- Husos granulométricos del agregado grueso..... | 33 |
| Cuadro 2. 7.- Cantidad de sales y cloruros en el agua para el concreto..... | 39 |
| Cuadro 3.1.- Cantidad de especímenes realizados en la investigación..... | 49 |
| Cuadro 3.2.- Concreto según su consistencia..... | 61 |
| Cuadro 4.1.- Resumen de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados..... | 68 |
| Cuadro 4.2.-Cantidad de Materiales por metro cubico de concreto elaborado con Cemento Tipo V..... | 69 |
| Cuadro 4.3.- Cantidad de Materiales por metro cubico de concreto. Elaborado con Cemento MS(MH)R.... | 70 |
| Cuadro 4.4.- Cantidad de Materiales por m3 de concreto. (Con un porcentaje óptimo de aditivo 1.3%)..... | 71 |
| Cuadro 4.5.- Cantidad de Materiales por m3 de concreto. (Con un porcentaje óptimo de aditivo 1.4%)..... | 71 |
| Cuadro 4.6: Valores de consistencia para concretos Autocompactantes | 72 |
| Cuadro 4.7: Valores de extensibilidad variando el número de bolsas de cemento, con el porcentaje óptimo de aditivo en la mezcla del concreto. | 73 |
| Cuadro 4.8: Parámetros de ensayo de la caja L, elaborado con cemento tipo V | 73 |
| Cuadro 4.9: Parámetros de ensayo de la caja L, elaborado con Cemento MS(MH)R | 74 |
| Cuadro 4.10: Parámetros de ensayo de la caja C, elaborado con cemento tipo V | 75 |
| Cuadro 4.10: Parámetros de ensayo de la caja C, elaborado con Cemento MS(MH)R..... | 76 |
| Cuadro 4.11: Comparación del Peso Unitario del concreto fresco y seco, elaborado con cemento tipo V... .. | 77 |
| Cuadro 4.12: Comparación del Peso Unitario del concreto fresco y seco, elaborado con Cemento MS(MH)R | |
| Cuadro 4.13.- Resistencia a la compresión del concreto. Elaborado con cemento tipo V..... | 79 |
| Cuadro 4.14.- Resistencia a la compresión del concreto. Elaborado con Cemento MS(MH)R..... | 81 |
| Cuadro 4.15.- Resistencia a la compresión del concreto, Variando el número de bolsas de cemento..... | 83 |
| Cuadro 4.16.- Resistencia a flexión..... | 84 |
| Cuadro 4.17.- Valores del módulo de elasticidad (kg/cm2) Elaborado con cemento tipo V..... | 85 |
| Cuadro 4.18.- Valores del módulo de elasticidad (kg/cm2) Elaborado con Cemento MS (MH)R | 86 |
| Cuadro 5.1.- Tiempo e implicación del personal para un forjado de 40 m3..... | 91 |
| Cuadro 5.2.-Costos del concreto patrón por m3 (0% de aditivo) | 92 |
| Cuadro 5.3.-Costos del concreto por m3 (0.6 % de aditivo) | 92 |

| | |
|--|-----|
| Cuadro 5.4.-Costos del concreto por m3 (1.0% de aditivo) | 92 |
| Cuadro 5.5.-Costos del concreto por m3 (1.5% de aditivo) | 93 |
| Cuadro 5.6.-Costos del concreto por m3 (2.0% de aditivo) | 93 |
| Cuadro 5.7.-Costos del concreto por m3 (1.3 % porcentaje optimo) | 93 |
| Cuadro 5.8.- Resumen de costos de materiales por M3 | 94 |
| Cuadro 5.9.-Costos del concreto patrón por m3 (0% de aditivo) | 95 |
| Cuadro 5.10.-Costos del concreto por m3 (0.6 % de aditivo) | 95 |
| Cuadro 5.11.-Costos del concreto por m3 (1.0 % de aditivo) | 96 |
| Cuadro 5.12.-Costos del concreto por m3 (1.5 % de aditivo) | 96 |
| Cuadro 5.13.-Costos del concreto por m3 (2.0 % de aditivo) | 96 |
| Cuadro 5.14.-Costos del concreto por m3 (% optimo 1.4 %) | 97 |
| Cuadro 5.15.-Resumen de costos de materiales por M3 | 96 |
| Cuadro A.1.- Ensayo N° 01 Granulometría del agregado fino | 108 |
| Cuadro A.2.- Ensayo N° 02 Granulometría del agregado fino | 109 |
| Cuadro A.3.- Ensayo N° 03 Granulometría del agregado fino | 110 |
| Cuadro A.4.- Ensayo de Peso Unitario Suelto del agregado fino | 111 |
| Cuadro A.5.- Ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado fino | 111 |
| Cuadro A.6.- Ensayo de Peso Específico del agregado fino | 111 |
| Cuadro A.7.- Ensayo de Contenido de humedad del agregado fino | 112 |
| Cuadro A.8.- Ensayo de Contaminación de los agregados del agregado fino | 112 |
| Cuadro A.9.- Ensayo N°01 granulometría del agregado grueso | 113 |
| Cuadro A.10.- Ensayo N°02 granulometría del agregado grueso | 114 |
| Cuadro A.11.- Ensayo N°03 granulometría del agregado grueso | 115 |
| Cuadro A.12.- Ensayo Peso Unitario Suelto del agregado grueso | 116 |
| Cuadro A.13.- Ensayo Peso Unitario Compactado del agregado grueso | 116 |
| Cuadro A.14.- Ensayo Peso Específico del agregado grueso | 116 |
| Cuadro A.15.- Ensayo Peso Específico del agregado grueso | 117 |
| Cuadro A.16.- Ensayo N° 01 Abrasión del agregado grueso | 117 |
| Cuadro A.17.- Ensayo N° 02 Abrasión del agregado grueso | 118 |
| Cuadro A.18.- Ensayo N° 03 Abrasión del agregado grueso | 118 |
| Cuadro A.19.- Ensayo para Contaminación de agregados del agregado grueso | 119 |
| Cuadro A.20.- Resumen de características y propiedades de agregados grueso y fino | 119 |
| Cuadro B.2.1.- Requerimientos que deberían cumplir los agregados para concreto | 122 |
| Cuadro B.2.2.-Principales componentes del cemento portland | 123 |

| | |
|--|------------|
| Cuadro B.2.3.-Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra..... | 124 |
| Cuadro B.2.4.-Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados..... | 124 |
| Cuadro B.2.5.-Relación de las principales propiedades de los agregados con los aspectos del comportamiento del concreto..... | 125 |
| Cuadro B.3.1.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 0.0 % de aditivo, edad 07 días elaborado con cemento Tipo V..... | 126 |
| Cuadro B.3.2.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 0.0 % de aditivo, edad 14 días elaborado con cemento Tipo V. | 127 |
| Cuadro B.3.3.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 0.0 % de aditivo, edad 28 días elaborado con cemento Tipo V. | 128 |
| Cuadro B.3.4.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 0.6 % de aditivo, edad 07 días elaborado con cemento Tipo V. | 129 |
| Cuadro B.3.5.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 0.6 % de aditivo, edad 14 días elaborado con cemento Tipo V. | 130 |
| Cuadro B.3.6.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 0.6 % de aditivo, edad 28 días elaborado con cemento Tipo V. | 131 |
| Cuadro B.3.7.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 1.0 % de aditivo, edad 07 días elaborado con cemento Tipo V. | 132 |
| Cuadro B.3.8.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 1.0 % de aditivo, edad 14 días elaborado con cemento Tipo V. | 133 |
| Cuadro B.3.9.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 1.0 % de aditivo, edad 28 días elaborado con cemento Tipo V. | 134 |
| Cuadro B.3.10.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 1.5% de aditivo, edad 07 días elaborado con cemento Tipo V. | 134 |
| Cuadro B.3.11.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 1.5% de aditivo, edad 14 días elaborado con cemento Tipo V. | 135 |
| Cuadro B.3.12.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 1.5% de aditivo, edad 28 días elaborado con cemento Tipo V. | 136 |
| Cuadro B.3.13.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 2.0% de aditivo, edad 07 días elaborado con cemento Tipo V. | 137 |
| Cuadro B.3.14.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 2.0% de aditivo, edad 14 días elaborado con cemento Tipo V. | 138 |
| Cuadro B.3.15.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 2.0% de aditivo, edad 28 días elaborado con cemento Tipo V. | 139 |
| Cuadro B.3.16.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 0.0% de aditivo, edad 07, elaborado con Cemento MS(MH)R | 140 |
| Cuadro B.3.17.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 0.0% de aditivo, edad 14, elaborado con Cemento MS(MH)R | 141 |
| Cuadro B.3.18.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 0.0% de aditivo, edad 28 días elaborado con Cemento MS (MH)R..... | 142 |

| | |
|---|-----|
| Cuadro B.3.19.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 0.6% de aditivo, edad 07, elaborado con Cemento MS(MH)R | 143 |
| Cuadro B.3.20.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 0.6% de aditivo, edad 14, elaborado con Cemento MS(MH)R | 144 |
| Cuadro B.3.21.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 0.6% de aditivo, edad 28, elaborado con Cemento MS(MH)R | 145 |
| Cuadro B.3.22.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 1.0% de aditivo, edad 07, elaborado con Cemento MS(MH)R | 146 |
| Cuadro B.3.23.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 1.0% de aditivo, edad 14 días elaborado con cemento MS(MH)R..... | 147 |
| Cuadro B.3.24.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 1.0% de aditivo, edad 28 días, elaborado con Cemento MS(MH)R | 148 |
| Cuadro B.3.25.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 1.5% de aditivo, edad 07, elaborado con Cemento MS(MH)R..... | 149 |
| Cuadro B.3.26.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 1.5% de aditivo, edad 14 días, elaborado con Cemento MS(MH)R | 150 |
| Cuadro B.3.27.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 1.5% de aditivo, edad 28, elaborado con Cemento MS(MH)R | 151 |
| Cuadro B.3.28.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 2.0% de aditivo, edad 07, elaborado con Cemento MS(MH)R..... | 152 |
| Cuadro B.3.29.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 2.0% de aditivo, edad 14 días, elaborado con Cemento MS(MH)R..... | 153 |
| Cuadro B.3.30.- Ensayo de Resistencia a la compresión, Concreto con 2.0% de aditivo, edad 28, elaborado con Cemento MS(MH)R..... | 154 |

LISTA DE GRAFICOS

| | |
|--|-----|
| Grafico 2.1.- Cuadro del comportamiento del aditivo en el concreto. | 43 |
| Grafico 4.1 Asentamiento y extensibilidad de las mezclas de concreto. | 73 |
| Grafico 4.2 Coeficiente de bloqueo vs % de aditivo – Ensayo Caja L – Cemento tipo V..... | 74 |
| Grafico 4.3 Coeficiente de bloqueo vs % de aditivo – Ensayo Caja L - Cemento MS(MH)R | 75 |
| Grafico 4.4.- Coeficiente de bloqueo vs % de aditivo - Ensayo Caja C – Cemento tipo V..... | 76 |
| Grafico 4.5.- Coeficiente de bloqueo vs % de aditivo - Ensayo Caja C - Cemento MS(MH)R | 76 |
| Grafico 4.6.- Comparación del Peso Unitario del concreto fresco y seco – Cemento tipo V..... | 77 |
| Grafico 4.7.- Comparación del Peso Unitario del concreto fresco y seco - Cemento MS(MH)R | 78 |
| Grafico 4.8.- Porcentaje de aditivo Vs Resistencia a la compresión. – Cemento tipo V..... | 79 |
| Grafico 4.9.- Determinación del % optimo del concreto, cemento tipo V..... | 80 |
| Grafico 4.10.- Resistencia a la compresión a través del tiempo, cemento tipo V..... | 80 |
| Grafico 4.11.- Porcentaje de aditivo Vs Resistencia a la compresión - Cemento MS(MH)R | 81 |
| Grafico 4.12.- Determinación del % optimo del concreto, cemento MS(MH)R | 82 |
| Grafico 4.13.- Resistencia a la compresión a través del tiempo, cemento MS(MH)R. | 82 |
| Grafico 4.14.- Resistencia a compresión vs N° Bolsas de Cemento Tipo V | 83 |
| Grafico 4.15.- Resistencia a compresión vs N° Bolsas de Cemento MS(MH)R | 84 |
| Grafico 4.16.- comparación del módulo elástico Norma E -060 y grafica esfuerzo deformación – Cemento tipo V..... | 85 |
| Grafico 4.17.- comparación del módulo elástico Norma E -060 y grafica esfuerzo deformación - cemento MS(MR)H..... | 86 |
| Grafico 5.1.- Comparación costos de acuerdo a los porcentajes de aditivo, cemento tipo V..... | 93 |
| Grafico 5.2.- Comparación costos del concreto Vs Resistencia a compresión, cemento tipo V..... | 94 |
| Grafico 5.3.- Comparación costos de acuerdo a los porcentajes de aditivo,cemento tipo MS(MH)R..... | 96 |
| Grafico 5.4.- Comparación costos del concreto Vs Resistencia a compresión, cemento Tipo MS(MH)R..... | 97 |
| Grafico A.1.- Ensayo N° 01 Granulometría para agregado fino..... | 108 |
| Grafico A2.- Ensayo N° 02 Granulometría para agregado fino. | 109 |
| Grafico A3.- Ensayo N° 03 Granulometría para agregado fino. | 111 |
| Grafico A4.- Ensayo N° 01 Granulometría para agregado grueso. | 113 |
| Grafico A5.- Ensayo N° 02 Granulometría para agregado grueso. | 114 |
| Grafico A6.- Ensayo N° 03 Granulometría para agregado grueso. | 115 |
| Grafico B.3.1.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 0.0 % de aditivo, edad 07 días elaborado con cemento Tipo V..... | 126 |
| Grafico B.3.2.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 0.0 % de aditivo, edad 14 días elaborado con cemento Tipo V..... | 127 |
| Grafico B.3.3.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 0.0 % de aditivo, edad 28 días elaborado con cemento Tipo V..... | 128 |
| Grafico B.3.4.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 0.6 % de aditivo, edad 07días elaborado con cemento Tipo V..... | 129 |
| Grafico B.3.5.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 0.6% de aditivo, edad 14 días elaborado con cemento Tipo V..... | 130 |

| | |
|---|-----|
| Grafico B.3.6.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 0.6% de aditivo, edad 28 dias elaborado con cemento Tipo V..... | 131 |
| Grafico B.3.7.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 1.0% de aditivo, edad 07 dias elaborado con cemento Tipo V..... | 132 |
| Grafico B.3.8.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 1.0% de aditivo, edad 14 dias elaborado con cemento Tipo V..... | 133 |
| Grafico B.3.9.- E Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 1.0% de aditivo, edad 28 dias elaborado con cemento Tipo V..... | 134 |
| Grafico B.3.10.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 1.5% de aditivo, edad 07 dias elaborado con cemento Tipo V..... | 135 |
| Grafico B.3.11.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 1.5% de aditivo, edad 14 dias elaborado con cemento Tipo V..... | 136 |
| Grafico B.3.12.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 1.5% de aditivo, edad 28 dias elaborado con cemento Tipo V..... | 137 |
| Grafico B.3.13.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 2.0% de aditivo, edad 07 dias elaborado con cemento Tipo V..... | 138 |
| Grafico B.3.14.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 2.0% de aditivo, edad 14 dias elaborado con cemento Tipo V..... | 139 |
| Grafico B.3.15.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 2.0% de aditivo, edad 28 dias elaborado con cemento Tipo V..... | 140 |
| Grafico B.3.16.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 0.0% de aditivo, edad 07 dias elaborado con cemento MS(MH)R..... | 141 |
| Grafico B.3.17.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 0.0% de aditivo, edad 14 dias elaborado con cemento MS(MH)R..... | 142 |
| Grafico B.3.18.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 0.0% de aditivo, edad 28 dias elaborado con cemento MS(MH)R..... | 143 |
| Grafico B.3.19.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 0.6% de aditivo, edad 07 dias elaborado con cemento MS(MH)R..... | 144 |
| Grafico B.3.20.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 0.6% de aditivo, edad 14 dias elaborado con cemento MS(MH)R..... | 145 |
| Grafico B.3.21.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 0.6% de aditivo, edad 28 dias elaborado con cemento MS(MH)R..... | 146 |
| Grafico B.3.22.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 1.0% de aditivo, edad 07 dias elaborado con cemento MS(MH)R..... | 147 |
| Grafico B.3.23.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 1.0% de aditivo, edad 14 dias elaborado con cemento MS(MH)R..... | 148 |
| Grafico B.3.24.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 1.0% de aditivo, edad 28 dias elaborado con cemento MS(MH)R..... | 149 |
| Grafico B.3.25.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 1.5% de aditivo, edad 07 dias elaborado con cemento MS(MH)R..... | 150 |
| Grafico B.3.26.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 1.5% de aditivo, edad 14 dias elaborado con cemento MS(MH)R..... | 151 |
| Grafico B.3.27.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 1.5% de aditivo, edad 28 dias elaborado con cemento MS(MH)R..... | 152 |

| | |
|---|-----|
| Grafico B.3.28.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 2.0% de aditivo, edad 07 días elaborado con cemento MS(MH)R..... | 153 |
| Grafico B.3.29.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 2.0% de aditivo, edad 14 días elaborado con cemento MS(MH)R..... | 154 |
| Grafico B.3.30.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto, Concreto con 2.0% de aditivo, edad 28 días elaborado con cemento MS(MH)R..... | 155 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Fig.2.1.- Gradiente de velocidad..... | 15 |
| Fig.2.2.- Fluido Newtoniano – Fluido Bingham..... | 16 |
| Fig.2.3.- Distribución de los granos de cemento..... | 17 |
| Fig.2.4.- Los cementos de moderada resistencia a los sulfatos..... | 29 |
| Fig. 3.1.- Ubicación de la cantera..... | 52 |
| Fig. 3.2 a.-Ensayo de extensión de Flujo Dmax. | 56 |
| Fig. 3.2 b.-Ensayo de extensión de Flujo D ₅₀ y T ₅₀ | 56 |
| Fig. 3.3 a.-Mezcla segregada..... | 57 |
| Fig. 3.3 b.-Mezcla no Segregada. | 57 |
| Fig. 3.4 a.- medición del tiempo T ₂₀ | 59 |
| Fig. 3.4 b.- medición del tiempo T ₄₀ | 59 |
| Fig. 3.4 c.- Calculo del radio de bloqueo H ₂ /H ₁ | 60 |
| Fig. 3.4 d: Dimensiones típicas Caja L..... | 60 |
| Fig. 3.5.-Dimensiones de la Caja U y ensayo (ACHE 2008) | 62 |
| Fig.3.6.-Tipos de fractura típicos que se dan en la rotura de probetas cilíndricas ensayadas a la compresión..... | 65 |
| Fig.3.7.-Diagrama de esfuerzos solicitantes..... | 66 |
| Fig. 5.1.-Índice de costes de construcción de C.A de Euskadi(EUSTAT Dic 05)..... | 87 |
| Fig. 5.2.-Evolucion del coste de mano de obra en construcción(INE)..... | 87 |
| Fig. 5.3 Hormigonado de un forjado con un hormigón convencional. | 89 |
| Fig. 5.4.- Hormigonado de un forjado con un hormigón Autocompactante | 89 |

RESUMEN

El concreto autocompactante es un excelente concreto de alto desempeño, ofrece elevada trabajabilidad, incremento de productividad en el proceso de vaciado de concreto, mejoras en la calidad y durabilidad del elemento trabajado, vaciado sin problemas de elementos con alta densidad de refuerzo de acero, eliminación total de la dependencia de mano de obra en la compactación de la mezcla, reduce el ruido entre otros. Sin embargo debido a que el concreto autocompactante es una mezcla de varios componentes, la tendencia a cambios en su comportamiento tanto al estado fresco como endurecido es mayor que la de los concretos convencionales, por ella la investigación sobre este tipo de mezcla es la única manera de entenderlo y manejarlo exitosamente.

El objetivo de la investigación, fue determinar la influencia del aditivo Sika Viscocrete 3330 en la durabilidad de los concretos autocompactantes en función a la resistencia a la compresión y características en estado fresco del concreto usando cemento Pacasmayo tipo V, y cemento Pacasmayo tipo II.

Se realizó diferentes ensayos de laboratorio que se llevaron a cabo y conforme lo establece las normas ACI, ASTM, NTP y EFNARC, que rigen los procedimientos y materiales que se deben utilizar para tener los mejores resultados y así obtener diseños óptimos.

Conocidas las características y propiedades físicas de los agregados, se procedió a realizar un diseño de mezclas teórico utilizando el módulo de fineza de la combinación de agregados para una resistencia del Concreto (f_c) 350 kg/cm², teniendo en cuenta consideraciones de autocompactabilidad y durabilidad descritos en normas de concretos (ACI 318).

Se analizó las características del concreto en estado fresco y endurecido, variando porcentajes de aditivo, con el fin de determinar el porcentaje óptimo para el cual ha sido diseñado el concreto.

Los resultados obtenidos en concreto fresco y endurecido indican que a medida que se incrementa porcentaje de aditivo, la mezcla presenta segregación, exudación y disminuye la resistencia del concreto, siendo el porcentaje óptimo el 1.3% aditivo en función del peso de cemento para concretos elaborados con cemento Pacasmayo tipo V, y 1.4% para concretos elaborados con cemento Pacasmayo tipo II.

Palabras claves: fluidez, segregación, capacidad de paso, bloqueo, estabilidad, viscosidad.

ABSTRACT

The concrete (SCC) is an excellent high-performance concrete, offers high workability, increase of productivity in the process of pouring of concrete, improvements in the quality and durability of the item worked, drain without problems of elements with a high density of steel reinforcement, total elimination of the dependence of labor in the compaction of the mixture, reduces noise among others.

The objective of the research was to determine the influence of the Sika Viscocrete additive 3330 in the durability of the concrete (SCC) in function to the resistance to compression and features in a fresh state of concrete using cement Pacasmayo type V, and type II cement Pacasmayo.

Different was conducted laboratory tests that were carried out and in accordance with ACI standards, ASTM, and NTP EFNARC, which govern the procedures and materials to be used to have the best results and obtain optimal designs.

Known characteristics and physical properties of aggregates, proceeded to make a theoretical design of mixtures using the module of fineness of the combination of aggregates for concrete resistance (f_c) 350 kg/cm², taking into account considerations of self-compacting and durability are described in rules of concrete (ACI 318).

Analyzed the properties of fresh and hardened concrete, varying percentages of additive, in order to determine the optimal percentage for which it has been designed concrete.

The results obtained in fresh concrete and hardened indicate that as percentage of additive increases, the mixture has segregation, exudation and decreases the resistance of the concrete, the percentage to be optimal the 1.3% additive according to the weight of cement for concrete made with cement Pacasmayo type V, and 1.4% for concrete made with cement Pacasmayo type II.

Key words: fluidity, segregation, step, lock, stability, viscosity.

CAPITULO I
INTRODUCCION

INTRODUCCION.

La industria de la construcción es compleja y llena de factores que la hacen muy dinámica, es distinta a la industria manufactura donde la mayoría de factores que intervienen en ella se pueden limitar, corregir, uniformizar, medir fácilmente. Dichas razones provocan que alcanzar la calidad total de los productos del proceso de construcción sea una tarea difícil, pero no imposible.

El proceso de fabricación del concreto no es ajeno a los problemas durante su producción múltiples factores tales como materiales de pobre calidad, maquinas defectuosas (mezcladoras, dosificadoras, vibradoras para el concreto) mano de obra no capacitada, complejidad del proyecto, acciones imprevistas, cambios de clima, provocan una serie de defectos que pueden traer consigo problemas en la calidad estética y estructural. Uno de estos factores es el vibrado que se realiza durante la colocación de concreto en obra, básicamente esta parte del proceso de fabricación del concreto es independiente de la experiencia del operario a cargo, muchas veces la mano de obra capacitada es escasa y aquí donde empiezan los problemas de calidad.

El uso del concreto autocompactante resuelve dificultades, es decir tiene una alta trabajabilidad, fluidez y una autocompactación, a la vez de un incremento de la resistencia mecánica a la compresión del concreto endurecido; siendo estas las razones que las conllevaron a realizar el presente trabajo de investigación, ya que en nuestro medio no existe estudios con aditivos de última generación.

La durabilidad del concreto es la habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, abrasión, y cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzcan deterioro del concreto. El norte del Perú debido a las características que presenta estas actúan contra las construcciones; con la finalidad de obtener un concreto durable, se optó desarrollar la investigación con dos tipos de cemento, cemento Pacasmayo tipo V, NTP 334.00 – ASTM C 150 y el cemento MS MH R - ASTM C1157.

Del contexto anteriormente descrito, **el problema** se formula con la siguiente interrogante:

¿Cómo influye el uso del aditivo Sika visocrete en la durabilidad del concreto autocompactante, elaborado con cemento tipo II y V?

Justificación:

Con la aplicación de aditivos de última generación (Súper plastificantes de alto rango) se puede obtener un concreto de alta trabajabilidad, Solucionando problemas de vibrado en estructuras altamente armadas, reduciendo costos en obra, obteniendo mejores acabados, entre otros aspectos.

Para ellos se realizó el diseño de mezclas para una resistencia a la compresión especificada de 350 kg/cm² con y sin aditivo, para cada uno de los cementos utilizados, los especímenes fueron ensayados a compresión y flexión, teniendo en cuenta normas y consideraciones de autocompactabilidad y durabilidad.

Para resolver el problema de investigación se plantearon los siguientes objetivos.

Objetivo general:

- Determinar la influencia del aditivo Sika viscocrete 3330 en la durabilidad de los concretos autocompactantes elaborados con cemento tipo II y V.

Objetivos específicos:

- Determinar los fundamentos Teórico-Conceptuales del CAC y las ventajas de su aplicación como una alternativa para la solución de problemas de colocación del concreto.
- Determinar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.
- Determinar características y requisitos de durabilidad para concretos autocompactantes.
- Evaluar el efecto del aditivo Superplastificante sika visco crete 3330, en la resistencia mecánica a compresión del concreto autocompactante.
- Dar a conocer las ventajas y cuidados que debe tener su aplicación, para lograr una mejor calidad del concreto.

Hipótesis:

El aditivo Sika viscocrete 3330 influye en el incremento de la durabilidad de los concretos autocompactantes.

Definición de Variables:

- **Variables independientes.**
 - ✓ Aditivo sika viscocrete 3330, Cemento Tipo V, Cemento Antisalitre con fortimax 3
- **Variables dependientes.**
 - ✓ Ensayos de autocompactabilidad en estado fresco.
 - ✓ Resistencia a la compresión

CAPITULO II
MARCO TEORICO

2.1. ESTADO DE ARTE DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

2.1.1. Introducción.

En las últimas décadas la industria de la construcción ha mostrado gran preocupación e interés en el proceso de compactación del concreto, debido a la importancia que éste tiene en el rendimiento del producto terminado; que aunado a la creciente escasez de personal especializado en el uso de equipos que permitan realizar la compactación de forma correcta, ha permitido que se desarrollen nuevas tecnologías de vibración y consolidación, de igual forma la evolución en el diseño de estructuras cada vez más complejas y sofisticadas, evidencia que los métodos convencionales para la colocación del concreto ya no resulta efectiva.

La respuesta a estas necesidades es la utilización de un tipo de concreto que no dependa de las técnicas de vibración para la adecuada compactación, el cual recibe el nombre de Concreto Autocompactable, definido como "aquel concreto que es capaz de fluir en el interior del encofrado, rellenando de forma natural el volumen del mismo, pasando entre las barras de armadura y consolidándose únicamente bajo la acción de su propio peso sin compactación interna o externa"

Este tipo de concreto presenta alta fluidez y alta resistencia a la segregación durante el transporte y la colocación; por lo que puede ser vaciado dentro de moldes estrechos y áreas densamente armadas, ofreciendo mejores acabados en los elementos, altas resistencias mecánicas a corto y largo plazo, alta deformabilidad y durabilidad.

2.1.2. Evolución y desarrollo.

2.1.2.1. A nivel internacional.

El concreto autocompactante inicia su desarrollo en Japón, a mediados de los años 80, bajo la dirección del Profesor Okamura, de la Universidad de Tokio (Okamura, 1997). El objetivo del mismo era buscar un concreto de calidad, compacto y durable para estructuras fuertemente armadas donde el proceso de vibración era complicado. Se pretendía encontrar un concreto que no dependiese de la mano de obra en el proceso de ejecución porque, durante varios años, la calidad de las obras estaba disminuyendo debido a una compactación inadecuada por falta de mano de obra cualificada.

El concreto autocompactante se desarrolló para obtener estructuras mas durables que requieran un concreto muy bien compactado (Okamura y ouchi,1997)

Inicialmente los CAC fueron tratados simplemente como un concreto especial de alto desempeño (Ozawa, Maelawa y Okamura 1992), y su utilización se restringía a las grandes empresas de construcción japonesa. A partir de estas fechas algunos comités como el JCA (Japan Cement Association), el JCI (Japan Concrete Institute) el JSCE (Japan Society of Civil Engineers), y el comité RILEM empezaron a realizar una serie de actividades con el objetivo de fomentar el desarrollo de los HAC. Entre estas actividades cabe destacar la publicación en 1997 del "State of the Art of RILEM

Technical Committee 174-SCC" editado por Skarendahl y Petersson. Este libro hace una recopilación sobre los trabajos realizados hasta el momento donde se plantean conceptos relacionados con la reología, la capacidad de paso, la trabajabilidad, resistencia a la segregación, los tipos de finos o las propuestas de dosificación, y sus evoluciones, así como los métodos de ensayos más utilizados.

En España AENOR ha adaptado las normas de ensayos para caracterizar el comportamiento del CAC en estado fresco.

Actualmente existen varias guías para la utilización del concreto autocompactante como La "Guía Práctica para la Utilización del concreto Autocompactante" del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA), 2005. mas recientemente la "Self-Consolidating Concrete (ACI237R-07) presentado por el American Concrete Institute en el 2007.

Estos documentos presentan información general sobre CAC para poder dosificar y ponerse en contacto con este tipo de concreto.

Las primeras aplicaciones fueron en la década de los noventa, en construcciones de edificios y elementos estructurales de puentes. Desde entonces el uso del CAC ha ido incrementando gradualmente.

2.1.2.2. A nivel nacional.

Conocer la tecnología y propiedades del concreto autocompactante, así como los materiales, selección de proporciones y control de calidad de este concreto innovador es muy importante, pues genera una alternativa de mejora en la productividad y rendimiento en la construcción (Alegre 2001).

Además es importante tener en consideración que las mezclas de concreto, al ser fluidas, no necesariamente son autocompactantes, debido principalmente al bloqueo generado por la poca presencia de pasta. Estudios del comportamiento y la reología de mezclas de concreto fluidas usando el diseño de las instituciones de la EFNARC (The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems) y ACI, demostraron que medida que se disminuía el contenido de pasta, disminuían las propiedades del concreto autocompactante. Por ello en este tipo de concretos se debe incrementar el contenido de agregado fino (AF) y disminuir el agregado grueso (AG) (Santa cruz 2013)

Pineda, H (2003) En su tesis "Diseño de mezcla de concreto autocompactante" Analizo los diseños de concretos autocompactantes variando la relación arena/ piedra y, concluyo que la presencia de incremento de arena aportara mayor cantidad de material muy fino, disminuirá la dosificación de agregado grueso disminuirá la tendencia al bloqueo de la mezcla de concreto.

Huicho, S (2011) la extensibilidad de las mezclas con adición de micro sílice varia inversamente a la cantidad de micro sílice adicionada en un rango de 57.5 cm a 70.5 cm, La adición de nano sílice a la mezcla da mayor cohesión, aumentando su resistencia a la segregación.

2.1.2.3. A nivel local.

En nuestro medio existe poca información en el tema de concretos autocompactantes, dentro de la cual se puede mencionar la tesis sobre la Incidencia del porcentaje de micro sílice en un concreto autocompactante, la cual obtuvo como conclusiones más resaltantes que conforme se aumenta el porcentaje de micro sílice (desde el 4% hasta el 12%) la resistencia a la compresión también aumenta y siendo las dosis de 12% en peso de cemento la cual obtiene mayor resistencia a la compresión tanto a los 7,14,28 días (Vilca 2011).

En las investigaciones realizadas para la obtención de concretos de alta resistencia, indican que a medida en que se aumenta el contenido de microsilice en la mezcla la trabajabilidad, adherencia y la resistencia a la compresión aumentan, hasta alcanzar un máximo contenido luego del cual la segregación y exudación aumentan y la resistencia a la compresión disminuye. (Villanueva 2015)

2.1.3. Bases Teóricas.

2.1.3.1. Definición de concreto Autocompactante

Concreto Autocompactante es aquel concreto que en estado plástico fluye y consolida por efecto de su propio peso (gravedad), manteniendo su homogeneidad, sin segregación ni exudación, durante y después de su transporte, distribución y colocación. Logra llenar moldajes de cualquier forma geométrica sin necesidad de aplicación de energía externa de vibración embebiendo completamente la armadura y las instalaciones de servicios. Se abrevia CAC y en inglés se denomina Self-consolidating Concrete (SCC)(Sciaraffia, 2005).

Los CAC se incluyen entre los de concretos especiales de altas prestaciones tensados y fabricados para cumplir determinados objetivos que están más allá de las capacidades de los concretos convencionales. Sus principales características se presentan en el estado fresco. Esta diferencia se debe fundamentalmente a su composición con un alto contenido de finos, aditivos de última generación en dosis mayores una reducción del contenido de áridos gruesos.

El concreto autocompactante debe ser un concreto fluido, cohesivo, homogéneo, resistente a la segregación, con alta movilidad, facilidad de compactación y de conseguir buenos acabados. Además debe de ser un concreto durable con adecuadas resistencias mecánicas de acuerdo con el uso que vaya a tener.

2.1.3.2. Características.

Las características del CAC son su alta deformabilidad y alta resistencia a la segregación, tales prestaciones se logran con la fluidez, viscosidad y cohesión apropiadas en las mezclas de estos concretos. La fluidez alta proporciona la facilidad de colocación del concreto en el encofrado y el relleno del mismo, y la viscosidad y cohesión moderadas evitan la segregación de sus componentes garantizando una deformabilidad uniforme en el proceso de colocación. En este sentido, la facilidad para el relleno y el paso entre las armaduras son parámetros esenciales en la definición de las prestaciones de este tipo de concreto.

La evaluación de las propiedades en estado fresco del concreto autocompactante se puede realizar de dos maneras. La primera es mediante el estudio de los parámetros reológicos y, la segunda es mediante la realización de ensayos.

Las características en estado fresco que se deben de cumplir simultáneamente en un concreto son las siguientes:

- **Capacidad de paso o resistencia al bloqueo:** Se define como la capacidad que el concreto debe tener para pasar por sitios estrechos sin que el contacto entre los áridos cause el bloqueo de la mezcla. La obtención de esta propiedad se da incrementando la fluidez de la pasta con la utilización de superplastificantes, reduciendo el volumen de árido grueso de la mezcla y ajustando el diámetro máximo del árido en función de los espacios por donde el concreto debe pasar. Así, la geometría de la pieza a llenar y la distribución de las armaduras son los principales factores a tenerse en cuenta.
- **Capacidad de llenado:** Es la capacidad que el concreto debe tener a la hora de fluir dentro del encofrado rellenando todas las superficies. Por un lado esta propiedad garantiza la calidad del acabado, de manera que este presentará una superficie lisa, con color homogéneo y libre de coqueas. Por otra parte, las armaduras deben estar perfectamente recubiertas evitando la ocurrencia de bolsas de aire en la parte inferior de las mismas.
- **Resistencia a la segregación:** Esta propiedad está relacionada con la estabilidad del concreto. En un CAC la mezcla debe permanecer homogénea durante y tras el proceso de llenado sin que ocurra separación de los áridos o exudación. Este factor influye directamente sobre las dos propiedades citadas anteriormente afectando la calidad final de la pieza hormigonada. En general se busca la estabilidad de la mezcla por medio de la inclusión de filleres o por la utilización de agentes modificadores de la viscosidad (AMV). La utilización de cualquiera de ellos tiende a incrementar la viscosidad de la pasta evitando la segregación.

2.1.3.3. Aplicaciones del concreto autocompactante.

El concreto autocompactante se emplea en todo tipo de obras:

- ✦ Obras de infraestructura
- ✦ Elementos prefabricados
- ✦ Estructuras que tendrán un acabado aparente
- ✦ Estructuras coladas de manera continua
- ✦ Elementos de sección estrecha
- ✦ Cualquier elemento donde se desee garantizar una adecuada consolidación del concreto
- ✦ Columnas, trabes, muros Tilt-Up y muros donde el acero de refuerzo hace difícil el vibrado Ideal para densidades de acero media y alta.
- ✦ Elementos con difícil acceso para efectuar la consolidación del concreto.
- ✦ En estructuras con alta densidad de refuerzo, complejas y esbeltas
- ✦ Tanques de aguas potables o residuales teniendo en cuenta las condiciones de durabilidad Ideal para reparaciones.

A. Aplicaciones prácticas.

En la actualidad el uso de CAC está resultando ventajoso como material base en las estructuras de los edificios ha incrementado notablemente en los últimos años.

✦ Proyectos internacionales.

En la práctica el CAC ha sido empleado para varias estructuras en orden de acortar el periodo de construcción en obras a gran escala, entre las más importantes podemos mencionar:

- Los dos bloques de anclajes del puente Hakashi-Kaikyo (Hakashi Straits), con apertura en abril de 1988, consistía en la suspensión del puente con el alma mas larga en el mundo, de 1991 m de luz (véase anexo c, Ilust.N°1).
- El tanque LNG que pertenece a Osaka Gas Company. La opción de usar el CAC en este proyecto en particular tuvo los siguientes méritos:
 - La altura de cada capa de colocación se incrementó de 3.0 m a 4.5 m.
 - El número de trabajadores se redujo de 150 a 50.
 - El período de construcción de la estructura se redujo de 22 a 18 meses (véase anexo c, Ilust.N°2).
- En España, el CAC ha sido utilizado en El Puente del Barrio de las Fuentes en Zaragoza, los muros de la Cuarta Plaza del Ayuntamiento de Mollet del Vallés (Barcelona) y diversos túneles del tramo del AVE en Montblanc.

- Puente Happy Hollow en Tennessee, USA.
- Puente Confederación, Isla Principe Edward, Canada.

También en el campo de la reparación existen antecedentes de la aplicación de este tipo de concreto, bajo condiciones de contorno determinadas por zonas densamente armadas y con dificultad de acceso a las mismas. A modo de ejemplo se pueden citar un puente en Suiza, con resistencia a la compresión a 28 días de 40 MPa (Campion y Jost, 2000), y un puente en el Reino Unido, de resistencia a la compresión de 60 MPa a 7 días (McLeish, 1996). Asimismo, en el campo de la prefabricación existen experiencias de aplicaciones en elementos de pequeño espesor y elevada densidad de refuerzo.(Skarendahi y Petersson, 1999).

✦ **Proyectos nacionales.**

En el Perú ha incrementado considerablemente la utilización del CAC en proyectos, dentro de los de mayor envergadura podemos mencionar, Banco de la Nación(San Borja), Mercado Santa Anita, Edificio residencial Santa cruz.

✦ **Proyectos locales.**

En Cajamarca se utilizó el CAC el centro comercial en Quinde (Paris)

2.1.3.4. Ventajas y limitaciones.

- Ventajas.

Las ventajas del Concreto autocompactante son:

1. Reducción de la mano de obra para la colocación.
2. Un mejor acabado superficial.
3. Mayor facilidad de colocación.
4. Mayor libertad y posibilidades en el diseño de estructuras.
5. Secciones de concreto más reducidas.
6. Buen desempeño mecánico y durabilidad de los elementos y estructuras.
7. Elementos de concreto sin oquedades internas, ni agrietamientos que permiten el acceso de agentes nocivos para el concreto.
8. Reducción de costos y tiempos asociados con la colocación y el vibrado.
9. Reducción de los tiempos de ejecución de la obra.
- 10.Reducción de los niveles de ruido provocado por el uso de vibradores durante el proceso de colocación del concreto.
11. Un entorno de trabajo más seguro.
- 12.Reducción de herramientas y equipos necesarios para la colocación del concreto.

La ventaja más importante de este concreto es la uniformidad estructural que puede lograrse sin que el proceso de colocación tenga un efecto negativo, como sucede con el convencional, en el que a pesar de un alto revenimiento no se puede garantizar que fluya por el refuerzo si no se asegura la consolidación por medios mecánicos. (Véase anexo c, Ilust.Nº3).

Limitaciones.

- En los ensayos de laboratorio para el control de calidad del CAC, aun no se han establecido parámetros estándar, para cuantificar las propiedades físicas.
- Existe poca información disponible en cuanto al diseño y caracterización de la mezcla, en este sentido la aplicación del CAC, es considerada a mediano futuro.
- Una de las limitaciones en la producción del CAC, es el alto costo de los materiales, especialmente los aditivos supe plastificantes, necesarios para obtener la autocompactabilidad de este concreto.

2.1.3.5. Normativa.

La norma ASTM publico recientemente normas sobre concretos autocompactantes, que son las siguientes.

- **ASTM C1610.**
 - Método de prueba estándar para la estática Segregación de concreto autocompactante utilizando la columna Técnica.
- **ASTM C1611 / C1611M – 14**
 - Método de prueba estándar para Slump Flujo de concreto autocompactante.
- **ASTM C1621 / C1621M – 14.**
 - Método de prueba estándar para la capacidad de paso del concreto autocompactante por J-Ring.
- **ASTM C1712 - 14.**
 - Método de prueba estándar para la evaluación rápida de la resistencia a la segregación estática de concreto autocompactante Usando la prueba de penetración.
- **Norma ASTM C1758 / C1758M.**
 - Práctica estándar para la fabricación de probetas con concreto autocompactante.

La Instrucción Española de concreto Estructural (EHE - 08) en su Anejo 17, que es específico para la utilización del concreto autocompactante.

La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) publicó las cuatro normas UNE (Una Norma Española) existentes de ensayos para la caracterización del comportamiento en estado fresco del concreto autocompactante y que son las siguientes:

- ♣ UNE 83361:2007. Concreto autocompactante. Caracterización de la fluidez. Ensayo de escurrimiento.
- ♣ UNE 83362: 2007. Concreto autocompactante. Caracterización de la fluidez en presencia de barras. Ensayo del escurrimiento con el anillo japonés.
- ♣ UNE 83363:2007. Concreto autocompactante. Caracterización de la fluidez en presencia de barras. Método de la caja en L.
- ♣ UNE 83364:2007. Concreto autocompactante. Determinación del tiempo de flujo.

2.1.3.6. Componentes del concreto autocompactante.

Los materiales componentes del concreto autocompactante son habitualmente empleados en concretos normales, pudiendo señalar lo siguiente:

✦ **Cemento.-**

Pueden utilizarse los mismos cementos que para los concretos estructurales normales, siendo idénticas las prescripciones referentes a la durabilidad y a los usos adecuados.

✦ **Áridos:**

Las especificaciones físico químicas de los áridos son idénticas a las de los concretos normales. Únicamente hay que ser más estricto en las exigencias del tamaño máximo del agregado, para favorecer el paso del concreto a todas las zonas de la pieza a hormigonar. Estas exigencias se traducen en la recomendación de que el tamaño máximo de la grava sea inferior a :

- 2/3 de la separación entre barras, grupos de barras
- ¾ del recubrimiento mínimo.

Siendo habituales los tamaños máximos comprendidos entre 12 y 16 mm. Las normas de ensayo para identificar este material limitan el tamaño máximo del mismo a 25 mm.

✦ **Água:**

Debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma.

✦ **Aditivos:**

Es obligatorio utilizar aditivos superfluidificantes de última generación. Pueden incorporarse otros aditivos para modificar la viscosidad, incorporadores de aire, retardadores de fraguado, etc

Los aditivos modificadores de viscosidad(moduladores) son productos añadidos al hormigón, mejoran la cohesión de la masa en estado fresco, impidiendo la segregación y limitando la pérdida del agua por exudación, lo que permite disminuir los efectos negativos de la falta de uniformidad de los áridos,

aunque su empleo en estos concretos no es imprescindible, utilizados de forma conjunta con los superfluidificantes de última generación, permiten obtener concretos autocompactantes estables de gran fluidez.

Deben realizarse ensayos previos antes del empleo del concreto, para verificar la compactabilidad entre el aditivo y en especial entre estos y el cemento.

✦ **Adiciones.-**

Se utilizan para dar cohesión a la mezcla y evitar la segregación del árido grueso.

Las adiciones a utilizar (Cenizas volantes y humo de sílice)

2.1.3.7. Puesta en obra.

El Hormigón Autocompactante se puede colocar por simple gravedad a través de capachos, grúas, canoas, etc., o mediante bombeo o inyección. En la obra, debe formularse un plan de hormigonado considerando la alta fluidez del Hormigón Autocompactante, tomando en cuenta las secciones y formas, el orden de colocación, la cantidad de hormigón por unidad de tiempo, el tiempo de espera entre capas continuas y los demás aspectos relacionados.

Si bien en muchos casos no habrá necesidad de reforzar el moldaje, se recomienda por seguridad, especialmente en elementos de gran altura, que la presión lateral del Hormigón Autocompactante.

2.1.3.8. Reología del concreto.

2.1.3.8.1. Definición.

En el campo de la reología se examina el comportamiento de los cuerpos sólidos, líquidos e intermedios, que se deforman y fluyen por efecto de las fuerzas que actúan en ellos, es decir cuerpos que tiene cierta plasticidad.

Las propiedades reológicas del concreto son importantes para la industria de la construcción porque la mezcla será colocada en un estado plástico. Desafortunadamente, debido a la composición compleja de los materiales, especialmente en los concretos de alto desempeño no existe un método definido para predecir el flujo del concreto a partir de sus componentes.

Usualmente los parámetros reológicos no son de fácil medición, debido al amplio rango de tamaños de tamaños de partículas encontradas en la mezcla de concreto (desde 1 um para los granos de cementos hasta 25 mm en los agregados gruesos e incluso mayores tamaños).

2.1.3.8.2. Reología de fluidos y suspensiones

El concreto, el mortero y la pasta son materiales formados de la mezcla de varios componentes (Agua, cemento, agregados, aditivos, etc.) Se puede decir que el concreto es una suspensión de partículas sólidas (Agregados) en un líquido viscoso (Pasta de cemento) que también es una suspensión, es decir el concreto es una suspensión dentro de otra.

La pasta de cemento no es un líquido homogéneo, está conformado por una mezcla de partículas (Granos de cemento) y líquido (agua).

Debido a que la pasta de cemento y el concreto en una escala mayor se comportan como un fluido, entonces la ecuación (N°1) es aplicable. Si una fuerza es cortante es aplicada a un líquido, una gradiente de velocidad es inducida (grafico 2.1). El factor que relaciona el esfuerzo cortante con la gradiente de velocidad es denominado viscosidad. La gradiente de velocidad (dv/dy) es igual a la tasa de deformación aplicada o velocidad angular (γ) ellas se expresan la velocidad de cambio dividida por la distancia sobre la cual, ocurre dicho cambio. Los fluidos que tienen este comportamiento se denominan Newtonianos.

$$\frac{F}{A} = \tau = n\gamma = n \frac{dv}{dy}$$

Ec. N° 01.- Comportamientos de los fluidos.

Dónde:

- n: Viscosidad.
- γ : Tasa de deformación o velocidad angular (strain rate).
- Dv/dy : Gradiente de velocidad.
- F: Fuerza cortante.
- A: Área paralela al plano de aplicación de la fuerza.

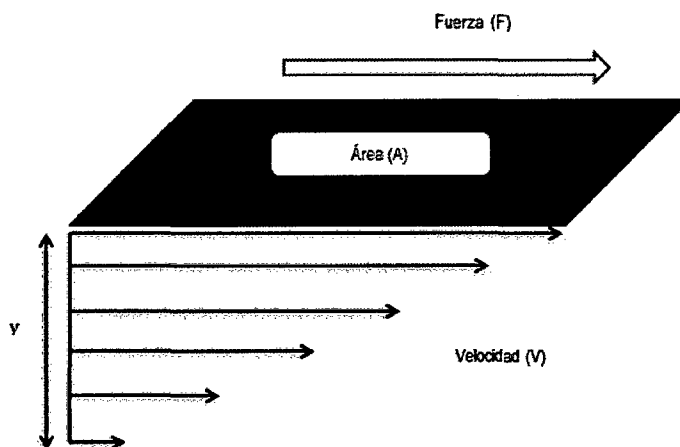


Fig.2.1.- Gradiente de velocidad.

No todas las suspensiones se comportan como un fluido Newtoniano, existen varias como la pasta de cemento y el concreto, que influyen un nuevo factor en la ecuación que representa su comportamiento reológico, este factor es denominado Esfuerzo de fluencia (Yield Stress) y se define como el esfuerzo necesario que se debe aplicar a un material para que se inicie su movimiento (Ver Ecuac.2) A este tipo de fluidos se le denomina Fluidos de Bingham.

$$\tau = \tau_0 + n\gamma = \tau_0 + n \frac{dv}{dy}$$

Ec. N° 02.- Fluidos de Bingham

Dónde:

- n: Viscosidad.
- γ : Tasa de deformación o velocidad angular (strain rate).
- Dv/dy : Gradiente de velocidad.
- τ : Esfuerzo cortante.
- τ_0 : Esfuerzo de fluencia

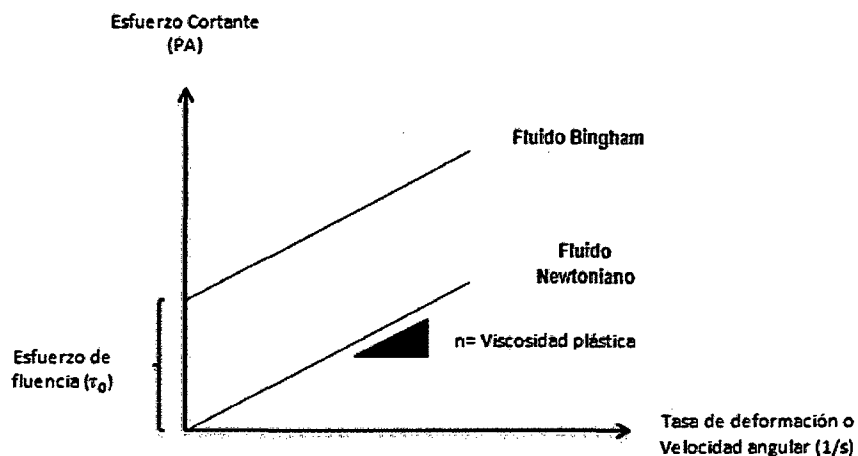


Fig.2.2.- Fluido Newtoniano – Fluido Bingham.

Se puede Notar en la gráfica anterior que la principal diferencia entre los líquidos Newtonianos y los Bingham es el punto de intersección con el eje de esfuerzos cortantes.

2.1.3.8.3. Reología de la pasta de cemento.

La pasta de cemento es una suspensión de granos de cementos en un medio acuoso (Agua), en tal situación el comportamiento reológico de este material dependerá básicamente de la interacción entre sus granos y el agua. Si se mantiene constante la dosificación del cemento y variamos la cantidad de agua se puede disminuir tres estados claramente diferenciados entre los granos de cemento y las fuerzas que predominan entre ellos (atracción molecular, capilar, repulsión electrostática, fuerza de gravedad, etc). En la Fig. 2.3 se puede observar la distribución de los granos de cemento en un medio acuoso

El primero de los estados (A) le corresponde a la pasta de cemento que posee una cantidad de agua suficiente de tal manera que la separación entre granos produzca un equilibrio en las fuerzas que aparezcan entre ellos y así producir un material de consistencia plástica que corresponde a la mayoría de concretos convencionales. En el segundo estado (B) el incremento de presencia de agua, para la misma cantidad de cemento genera espacios mayores entre los granos por lo que la mayoría de fuerzas desaparecen, solo actúan con igual intensidad las fuerzas de gravedad por lo que la tendencia a la sedimentación de los granos incrementa en este estado la pasta prácticamente carece de plasticidad y llega a ser simplemente una lechada fluida de cemento. El tercer caso (C) corresponde a una pasta con menor cantidad de agua para la misma dosificación de cemento, las distancias entre granos menores incrementándose las fuerzas intermoleculares de atracción, incluso se produce contacto directo entre granos limitando la movilidad de estos; la mezcla resulta rígida y muy cohesiva.

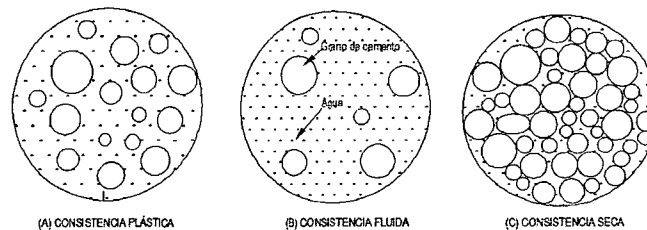


Fig.2.3.- Distribución de los granos de cemento

Del análisis de los tres casos anteriores se puede deducir que el incremento de agua lleva consigo a un incremento de fluidez y pérdida de cohesión, por otro lado la poca presencia de este material origina pastas de cemento muy cohesivo y con poca deformación.

La pasta de cemento debe ser la suficiente cantidad de agua que asegure la adecuada trabajabilidad del concreto y elimine la posibilidad de segregación, para ellos la dosificación de agua óptima se obtiene en los ensayos de concreto durante el diseño de la mezcla.

Es sabido que la resistencia del concreto al estado endurecido depende, entre varios factores de la cantidad de cemento presente en la mezcla así como también la relación agua / cemento (a/c) el primero de ellos debe incrementar su presencia y el segundo disminuir la presencia del agua. En tales condiciones llegaría a una relación a/c en el que la consistencia de la mezcla será muy seca (Caso C del grafico 1.3) y por lo tanto no es recomendable trabajar. Aparece entonces un límite inferior para la relación a/c y con ello una resistencia máxima que no podrá ser superada utilizando los materiales normales para la fabricación del concreto (Cemento, agua y agregados)

Si se requiere resistencias mayores se necesitara algún material que genere la misma consistencia plástica en el concreto a pesar de las altas cantidades de cemento y poca presencia de agua, estos materiales son los aditivos plastificantes o superplastificantes llamados también reductores de agua, que disminuyen la tensión superficial del agua (decrecen las fuerzas de atracción capilar), incrementan las fuerzas de repulsión electrostáticas (aumentan dispersión) y reducen la fricción entre los granos de cemento formando una película lubricante alrededor de cada uno de ellos. Los aditivos mencionados reducen la cohesión de la mezcla a niveles aceptables y aumentan la dispersión de los granos de cemento, indirectamente se produce una caída en el esfuerzo de fluencia y se obtienen mezclas menos viscosas y con mayor aptitud para deformarse y fluir.

El aditivo superplastificante puede ser usado de tres maneras:

- 1) Como reductor de agua para lograr relaciones a/c bajas con ello resistencias mecánicas elevadas.
- 2) Como fluidificante para incrementar la fluidez de la mezcla sin adicionar agua por lo tanto conservando la resistencia que se había planeado y además eliminando la posibilidad de segregación en el concreto o sedimentación en la pasta de cemento.
- 3) Como combinación de reductor de agua y fluidificante.

2.1.3.8.4. Reología de la mezcla de concreto.

Es claro que el comportamiento reológico de la pasta de cemento no necesariamente será igual al que demuestre la mezcla de concreto. Investigaciones realizadas demuestran que no existe relación lineal entre los parámetros reológicos de la pasta del cemento y el concreto, se atribuye dicha variación al amplio rango tamaño de partículas que interviene en la mezcla de concreto, además se asegura que los datos obtenidos en el laboratorio tienen cierta variación debido a las condiciones que se experimenta en obra como la temperatura, energía de deformación, humedad ambiental, etc. Por ello la pasta de cemento debe ser ensayada en las mismas condiciones a la que está sometida el concreto.

La mezcla de concreto también puede ser sometida a ensayos en viscosímetros de laboratorio, con los que se puede obtener los verdaderos parámetros reológicos (Esfuerzos de fluencia y viscosidad).Dicha

labor involucra una dependencia del laboratorio y de un equipo muy costoso que no puede ser obtenido fácilmente, además de la posibilidad de utilizarlo para controlar los parámetros reológicos en obra.

Por lo tanto surge la necesidad de relacionar los resultados obtenidos en laboratorio con los obtenidos en ensayos simples que puedan ser fácilmente ejecutados en campo, como el ensayo de asentamiento.

Los ensayos que existen actualmente para medir indirectamente la viscosidad y el esfuerzo de fluencia generalmente miden solo uno de los parámetros reológicos y muy pocos se han modificado con la finalidad de medir los dos parámetros.

2.1.3.8.5. Trabajabilidad del concreto autocompactable

El comportamiento reológico de una mezcla de concreto puede ser expresado cuando se habla de trabajabilidad de la mezcla, que según el ACI, es aquella propiedad del concreto fresco o mortero que determina la facilidad y homogeneidad con que esta puede ser mezclada, vaciada compactada y acabada. Los concretos autocompactantes son mezclas de excelente trabajabilidad, para ellos deben poseer baja viscosidad y esfuerzo de fluencia, acompañados de una buena cohesión. Este efecto no puede ser logrado con concretos convencionales que no utilizan ningún tipo de aditivo porque en ellos la viscosidad es directamente proporcional a la cohesión de la mezcla, es decir al buscar un concreto fluido mediante la adición de agua, disminuimos la viscosidad de la mezcla y también la cohesión, con ello aumenta la tendencia a la segregación.

Las características de capacidad de relleno, capacidad de paso y resistencia a la segregación del CAC en estado fresco, ofrecen una perspectiva global de la trabajabilidad y evalúan la idoneidad de las mezclas autocompactables en términos de estabilidad, homogeneidad y consistencia (cohesión y viscosidad). Para que la mezcla de concreto sea considerada autocompactable, debe tener la característica de fluir fácilmente y así llenar completamente los espacios dentro de las formas reforzadas por el efecto de su propio peso y la mezcla deberá tener una buena estabilidad para resistir la segregación; estas prestaciones se consiguen con la fluidez, viscosidad y cohesión apropiadas en las mezclas de estos concretos. El nivel de fluidez se rige básicamente mediante la dosificación de superplastificante, no obstante, una dosis excesiva puede producir un riesgo de segregación y bloqueo. En el diseño se deben considerar las propiedades esenciales de los componentes para obtener las características técnicas necesarias.

2.1.3.9. Durabilidad del concreto autocompactante.

El concreto autocompactante presenta una interface árido – pasta de cemento más densa que el concreto convencional y por lo tanto una estructura interna más compacta y con menor red de poros abierta, lo que determina una durabilidad igual o superior a la del hormigón convencional con los mismos parámetros de durabilidad, es decir, análoga dosificación de cementos y la misma relación agua/Cemento.

Asimismo el comportamiento del concreto autocompactante frente a los ciclos de hielo – deshielo es similar al del hormigón convencional debiéndose adoptar para alcanzar la resistencia requerida frente a dicha acción, las mismas precauciones en ambos casos.

La zona de transición en un hormigón autocompactante es más densa en comparación a un concreto convencional y ello conlleva la reducción de la velocidad de penetración de los agentes agresivos, Por esta razón y a raíz de investigaciones publicadas se podría decir que el concreto autocompactante presenta una durabilidad igual o superior con respecto a un concreto convencional de resistencia a compresión similar.(Zhe et al, 2002;boel el al 2006, audenaert et a;l 2006)

2.1.3.9.1. Microestructura e hidratación del concreto autocompactante.

En la estructura del concreto endurecido se consideran tres fases, el árido, el cemento hidratado y la zona de transición entre ambas. La hidratación se produce a través de un proceso complejo al ponerse en contacto el cemento con el agua siendo la misma responsable del endurecimiento fraguado del concreto. Una de las características más importantes en la microestructura es la porosidad caracterizada por el tamaño, forma y distribución de los poros.

La microestructura del concreto autocompactante es diferente a la del concreto convencional, cuyas principales diferencias se deben principalmente a:

- La composición de la mezcla es diferente, especialmente debido al uso de adiciones y a la disminución de volumen y tamaño máximo del árido, la zona de transición es más débil, además al tener partículas más finas y tamaño de árido menor, se mejora la granulometría de la mezcla.
- La baja relación agua/ finos permite reducir la porosidad. Alto contenido de superplastificantes.
- Ausencia de vibración evitando la formación de coqueras por una mala compactación.

Billberg(1999) Utilización de superplastificantes, tipo policarboxilatos, mejoran la microestructura del concreto autocompactante por que induce a una dispersión más adecuada de los finos.

2.1.3.9.2. Consideraciones de ACI 318.

Las relaciones agua-material cementante (a/mc) máximas de 0.40 a 0.50 que pueden requerirse para concretos expuestos a condiciones de congelamiento y deshielo, de suelos y aguas con sulfatos, o para prevenir la corrosión del refuerzo, típicamente son equivalentes a requerir un valor de $f'c$ de 35 a

28 MPa, respectivamente. Generalmente, las resistencias promedio a la compresión requeridas, f'_{cr} , son 3.5 a 5 MPa más altas que la resistencia especificada a la compresión, Dado f'_{c} que es difícil determinar con precisión la relación a/mc del concreto durante la producción, el valor de f'_{c} especificado debe ser razonablemente congruente con la relación a/mc requerida por durabilidad. La selección de un valor de f'_{c} que sea congruente con la relación a/mc máxima permitida por durabilidad ayuda a asegurar que la relación máxima a/mc requerida no sea excedida en la obra. Reglamento define las condiciones de exposición de las estructuras de concreto. Las categorías de exposición están subdivididas en clases de exposición dependiendo del grado de severidad de la exposición. en el cuadro 2.1 se dan los requisitos para el concreto asociados a las clases de exposición.

Cuadro 2.1: Categorías y clases de exposición.

| Categoría | Severidad | clase | Condición | |
|---|--------------|-------|--|---|
| F Congelamiento y deshielo | No aplicable | F0 | concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo | |
| | Moderada | F1 | Concreto expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad | |
| | Severa | F2 | Concreto expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto con la humedad | |
| | muy severa | F3 | Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo que estará en contacto continuo con la humedad y expuestos a productos químicos descongelantes | |
| | | | Sulfatos solubles en agua (SO ₄) en el suelo % en masa | Sulfatos(SO ₄) disuelto en agua ppm |
| S Sulfato | No aplicable | S0 | SO ₄ <0.10 | SO ₄ <150 |
| | Moderada | S1 | 0.10≤SO ₄ <0.20 | 150≤ SO ₄ < 1500 Agua marina |
| | Severa | S2 | 0.20≤SO ₄ ≤2.00 | 1500≤SO ₄ ≤10000 |
| | Muy severa | S3 | SO ₄ >2.00 | SO ₄ >10000 |
| P Requiere baja permeabilidad | No aplicable | P0 | En contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad | |
| | Requerida | P1 | En contacto con el agua donde se requiere baja permeabilidad | |
| C Protección del refuerzo para la corrosión | No aplicable | C0 | Concreto seco o protegido contra la humedad | |
| | Moderada | C1 | Concreto expuesto a la humedad pero ni a una fuente externa de cloruros | |
| | severa | C2 | Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen. | |
| <p>* El porcentaje en masa de sulfato en el suelo debe determinarse por medio de la norma ASTM C1580. *La concentración de los sulfatos disueltos en agua en partes por millón deben determinare por medio de la norma ASTM D516 o la norma ASTM D4130</p> | | | | |

Fuente: ACI 318

2.2. MATERIALES PARA EL CONCRETO.

2.2.1. El cemento.

2.2.2.1. Introducción.

El cemento es el componente más activo del concreto generalmente tiene el mayor costo unitario. Por ello y considerando que las propiedades del concreto dependen tanto de la cantidad como de la calidad de sus componentes la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades deseadas para una mezcla dada. En el mercado peruano existe variedad de cementos para ser empleados por el usuario y la mayoría de ellos proporcionan adecuados niveles de resistencia y durabilidad en las obras usuales.

La totalidad de los cementos empleados en el Perú son cementos Portland que cumplen con los requisitos que especifica la Norma ASTM C 150; o cementos combinados, que cumplen con lo indicado en la Norma ASTM C 595.

2.2.2.2. Definición.

Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

En un sentido estricto, se considera cemento a toda sustancia o mezcla de sustancias que tienen propiedades adhesivas, entrando en esta definición, por tanto productos muy diversos incluso resinas. En un sentido más preciso se denomina cemento a todo agente aglutinante hidráulico.

La Hidraulicidad es la capacidad de fraguado tanto al aire como en agua. En esencia del cemento consiste en un polvo fino que se obtiene moliendo la escoria de una mezcla de arcilla y piedra caliza.

2.2.2.3. Cemento portland normal.

El cemento portland normal es el producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan el 1% en el peso del total y que la norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el Clinker.

El Cemento Portland normal deberá cumplir con los requisitos indicados en la Norma ASTM C150 para los tipos I, II, V, los cuales se fabrican en el Perú. Alternativamente podrán emplearse los requisitos de las Normas NTP para cementos.

- **El cemento Portland normal Tipo I.-** Se empleara en todos aquellos casos en que no se requieran en el concreto las propiedades especiales especificadas para los otros tipos. Debe cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C150 o NTP 334.039
- **El cemento portland Normal Tipo II.-** Se recomienda para construcciones expuestas a moderado ataque por sulfatos, o en aquellos casos en que se requiere un moderado calor de hidratación. Este cemento tendrá un contenido de aluminato tricalcico (C3A) menor al 8%; menores cambios de volumen; menor tendencia a la exudación; mayor resistencia al ataque por sulfatos; y menor generación de calor así como adecuadas resistencias tanto en las edades iniciales como en las finales. Este cemento debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C150 o de la Norma NTP 3334.08.
- **El cemento portland tipo V.-** Se recomienda cuando se requiere concreto de alta resistencia a la acción de sulfatos; alta resistencia en compresión; o baja generación de calor. Este cemento tendrá un contenido de aluminato tricalcico (C3A) menor del 5%. Debera cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C150 ó NTP 334.044.

2.2.2.4. Composición del cemento portland.

Una vez que el agua y el cemento se mezclan para formar la pasta cementante se inicia una serie de reacciones químicas que en forma global se designan como hidratación del cemento. Estas reacciones se manifiestan inicialmente por la rigidización gradual de la mezcla, que culmina con su fraguado y continúan para dar lugar al endurecimiento y adquisición de la resistencia mecánica en el producto.

Aun cuando la hidratación del cemento es un fenómeno sumamente complejo existen simplificaciones que permiten interpretar sus efectos en el concreto.

El porcentaje en que se encuentran en el Clinker los cuatro componentes principales, dependen de las proporciones relativas entre los compuesto ácidos y la cal, los componentes ácidos llamados también factores hidráulicos incluyen la sílice, la alúmina y el óxido férrico siendo los dos últimos denominados fundentes.

De acuerdo a Bogue, Los porcentajes límites de los componentes principales del Clinker deben estar alrededor de los siguientes valores:

- Silicato tricalcico ($3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2 \longrightarrow \text{C}_3\text{S} \longrightarrow \text{Alita}$)
Composición de 30% a 60% y define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.
- Silicato Di cálcico ($2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2 \longrightarrow \text{C}_2\text{S} \longrightarrow \text{Belita}$)
Composición de 15% a 60% y define la resistencia a largo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación
- Aluminato tricalcico ($3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \longrightarrow \text{C}_3\text{A}$)

Composición de 7% al 15%, aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso para controlarlo.

Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas por lo que hay que limitar su contenido.

- Aluminio – Férrico tretracalcico($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ----->C4AF ----->Celita)

Composición de 8% a 10% tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

- Oxido de Magnesio (MgO)

Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para contenidos mayores al 5% trae problemas de expansión en la pasta hidratada endurecida.

- Óxidos de Potasio y Sodio (K_2O Na_2O -----> Álcalis)

Tienen importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados y solubles en agua contribuyen a producir eflorescencia con agregados calcáreos.

- Óxidos de Manganeso y Titanio (Mn_2O_3 TiO_2)

El primero no tiene significado especial en las propiedades del cemento salvo en su colocación, que tiende a ser marrón si se tiene contenidos mayores del 3% observado que en casos donde los contenidos superan el 5% se obtiene disminución de resistencia a largo plazo.

El segundo influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos superiores a 5% para contenidos menores no tiene trascendencia.

2.2.2.5. Características esenciales del cemento.

La influencia que el cemento portland ejerce en el comportamiento de la pasta cementante y sus propiedades de la pasta cementante del concreto, derivan fundamentalmente de la composición química del Clinker y de su finura de molienda.

2.2.2.5.1. Composición química del cemento.

Las características y propiedades del cemento portland están íntimamente ligadas a su composición química y a su constitución potencia, la primera se determina por análisis y viene expresada en forma de óxidos. La composición química media de un cemento portland puede ser la siguiente:

Cuadro 2.2: Porcentaje promedio de componentes en el Cemento.

| Componente | Formula | Porcentaje |
|-------------------|------------------------------------|------------|
| Cal combinada | CaO | 62.50% |
| Sílice | SiO ₂ | 21.00% |
| alúmina | Al ₂ O ₃ | 6.50% |
| Hierro | Fe ₂ O ₃ | 2.50% |
| Azufre | SO ₃ | 2.00% |
| Cal Libre | CaO | 0.00% |
| Magnesia | MgO | 2.00% |
| Perdida de fuego | | 2.00% |
| Residuo Insoluble | | 1.00% |
| Alcalis | Na ₂ O+K ₂ O | 0.50% |

Fuente: Libro Tópicos de Tecnología del Concreto – Enrique Pascal.

Los cuatro primeros componentes son principales del cemento, de carácter básico la cal y de carácter ácido los otros tres. Los restantes componentes pueden decirse que son los indeseables del cemento. A continuación se comentan brevemente cada uno de ellos:

a. Oxido de cal Libre, CaO.

La cal liberada y el hidróxido cálcico coexisten normalmente en el cemento anhídrido. Una parte de la primera se hidrata y pasa a la segunda durante el amasado, pero si el contenido de CaO libre del cemento es superior al 1.5% o 2% queda otra parte capaz de hidratarse en el transcurso del endurecimiento es decir a edades medias o largas, lo que puede producir fenómenos expansivos.

b. Oxido de magnesio, MgO.

La magnesia MgO puede representarse en el Clinker en estado vítreo (por enfriado energético) o en estado cristalizado (periclasa), siendo la última forma realmente peligrosa, debido a su lenta hidratación para pasar a hidroxidomagnesico Mg (OH)₂ en un proceso de carácter expansivo, por ellos se limita el contenido en magnesia a un 5% como máximo.

c. Trióxido de azufre, SO₃

El azufre proviene de la adición de piedra de yeso que se hace al Clinker durante la molienda para regular su fraguado, pudiendo también prevenir del combustible empleado en el horno. Un exceso de SO₃ puede conducir al fenómeno del falso fraguado, por lo que conviene ser estricto al comprobar que no se rebase la limitación impuesta por el pliego correspondiente. Un contenido de SO₃ inferior al 4% es aceptable.

d. Pérdida de fuego.

Cuando su valor es apreciable, la pérdida al fuego proviene de la presencia de adiciones de naturaleza caliza o similar lo cual no suele ser conveniente. Si el cemento ha experimentado un prolongado almacenamiento la pérdida al fuego puede provenir del vapor de agua del CO₂ presentes en el conglomerante siendo entonces expresiva de una meteorización del cemento.

Proviene de la presencia de adiciones de naturaleza silicea. No deben superar el 2.5 % a 3.0%.

e. Álcalis.

Proviene en general de los materiales y se volatilizan en buena parte encontrándose luego en el polvo de los humos de las fábricas de cemento, no suelen superar el 0.8%.

2.2.2.5.2. Características físicas y mecánicas.

Las características físicas y mecánicas más importantes son: finura o fineza, peso específico, fraguado, estabilidad de volumen, resistencia a la compresión, contenido de aire y calor de hidratación.

i. Finura o fineza.-Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica en m²/kg. En el laboratorio existen 2 ensayos para determinarlo.

- Permeabilímetro de Blaine
- Turbidímetro de Wagner

A mayor finura, crece la resistencia pero aumenta el calor de hidratación cambios de volumen. A mayor finura del cemento mayor rapidez de hidratación del cemento y mayor desarrollo de resistencia.

ii. Peso específico.-Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm. En el laboratorio se determina por medio de:

- Ensayo del frasco de le chatelier (NTP 334.005)

Se usa para los cálculos de diseños de mezclas.

Los pesos específicos de los cementos portland son aproximadamente 3.15 gr/ cm³.

iii. Tiempo de fraguado.-Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se expresa en minutos. Se expresa como el tiempo del fraguado inicial y el tiempo de fraguado final.

iv. Estabilidad de volumen.-Representa la verificación de los cambios volumétricos por la presencia de agentes expansivos, se expresa en %. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo de Autoclave: NTP 334.00(99)

- v. **Resistencia a la compresión.**-Mide la capacidad mecánica del cemento a soportar una fuerza externa a compresión. Es una de las más importantes propiedades , se expresa en kg/cm².En el laboratorio se determina mediante:
- Ensayo de compresión en probetas cubicas de 5 cm de lado (con mortero cemento – arena normalizada): NTP 334.051 (98) Se prueba a diferentes edades 1, 3, 7,28.Propiedad que decide la calidad de los cementos.
- vi. **Contenido de aire.**-Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (Mortero), Se expresa en % del volumen total. En el laboratorio se determina mediante:
- Pesos y volúmenes absolutos de mortero CA en molde cilíndrico estándar: NTP 334.048. Concretos con aire atrapado disminuye la resistencia (5% por cada 1%).
- vii. **Calor de hidratación.**-
- Es el calor que se genera por la reacción (agua + cemento) exotérmica de la hidratacion del cemento, se expresa en cal/gr y depende principalmente del C3A y C3S. En el laboratorio e determina mediante:
- Ensayo del calorímetro de langavant o el de la botella aislante.
- Se emplea morteros estándar NTP 334.064.

2.2.2.6. Tipos de cemento utilizados en la investigación - aplicaciones.

Existen diferentes tipos de cementos los cuales se mencionara las que están utilizando en esta investigación:

2.2.2.6.1. Cemento portland tipo v.

Este Cemento especial además de reunir las cualidades del cemento Portland tipo II es usado donde se requiera elevada acción concentrada de los sulfatos. Se recomienda su uso en construcción de canales, alcantarillas, túneles, sifones con suelos y aguas que contengan alta concentración de sulfatos, obras portuarias con exposición severa de orden de 1500 a 10000 ppm de sulfatos solubles en agua.

Cemento con alta resistencia a la acción de los sulfatos, se especifica cuando hay exposición intensa a los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas al agua de mar.

La resistencia al sulfato del cemento Tipo V se logra minimizando el contenido de C3A, pues este compuesto es el más susceptible al ataque de los sulfatos.

- **Aplicaciones**

- Ideal para losas, tuberías y postes de concreto en contacto con suelos o aguas con alto contenido de sulfatos.
- Para cualquier estructura de concreto que requiera alta resistencia a los sulfatos.

2.2.2.6.2. Similitud del cemento tipoll y cemento portland tipo MS (MH) (R)

Cemento tipo II

El cemento tipo II se usa donde sean necesarias precauciones contra el ataque por sulfatos. Se lo puede utilizar en estructuras normales o en miembros expuestos a suelos o agua subterránea, donde la concentración de sulfatos sea más alta que la normal pero no severa, El cemento tipo II tiene propiedades

de moderada resistencia a los sulfatos porque contiene no más del 8% de aluminato tricálcico (C3A).

Cemento MS

El cemento tipo MS se emplea donde sean importantes las precauciones contra el ataque moderado por los sulfatos, tales como en estructuras de drenaje, donde las concentraciones de sulfatos en el agua subterránea son mayores que lo normal pero no llegan a ser severas

Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland tipo II.

Como el tipo II, se debe preparar el concreto de cemento tipo MS con baja relación agua, materiales cementantes para que se garantice la resistencia a los sulfatos.

Cuadro 2.3: Tipos de cementos requeridos para la exposición del concreto a los sulfatos en el agua.

| Exposición a los sulfatos | Sulfato soluble en agua (SO ₄) en suelo, porcentaje de la masa | Sulfato (SO ₄) en agua, ppm | Tipo del cemento** | Relación agua-material cementante máxima, en masa | Minima resistencia a compresión de diseño, f_c , kg/cm ² (MPa) [lb/pulg ²] |
|---------------------------|--|---|---|---|---|
| Insignificante | Menos que 0.10 | Menos de 150 | Ningún tipo especial requerido | — | — |
| Moderado* | 0.10 hasta 0.20 | 150 hasta 1500 | II, MS, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS) | 0.50 | 280 (28) [4000] |
| Severa | 0.20 hasta 2.00 | 1500 hasta 10,000 | V, HS | 0.45 | 320 (31) [4500] |
| Muy severa | Más de 2.00 | Más de 10,000 | V, HS | 0.40 | 350 (35) [5000] |

Fuente: Portland cement association.

Cuadro 2.4: Aplicaciones y similitud de concretos mas polupares.

| Especificación del cemento | Aplicaciones* | | | | | | |
|--|------------------------------------|--|--------------------------|---------------------------|---|---------------------------------|---|
| | Uso general | Moderado calor de hidratación | Alta resistencia inicial | Bajo calor de hidratación | Moderada resistencia a los sulfatos | Alta resistencia a los sulfatos | Resistencia a la reacción álcali-silice (RAS)** |
| ASTM C 150 (AASHTO M 85) cementos portland | I | II (opción de moderado calor) | III | IV | II | V | Opción de bajo álcalis |
| ASTM C 595 (AASHTO M 240) Cementos hidráulicos mezclados | IS IP I(PM) I(SM) S, P | IS(MH) IP(MH) I(PM)(MH) I(SM)(MH) | | P(LH) | IS(MS) IP(MS) P(MS) I(PM)(MS) I(SM)(MS) | | Opción de baja reactividad |
| ASTM C 1157 Cementos hidráulicos*** | GU | MH | HE | LH | MS | HS | Opción R |

Fuente: Portland cement association

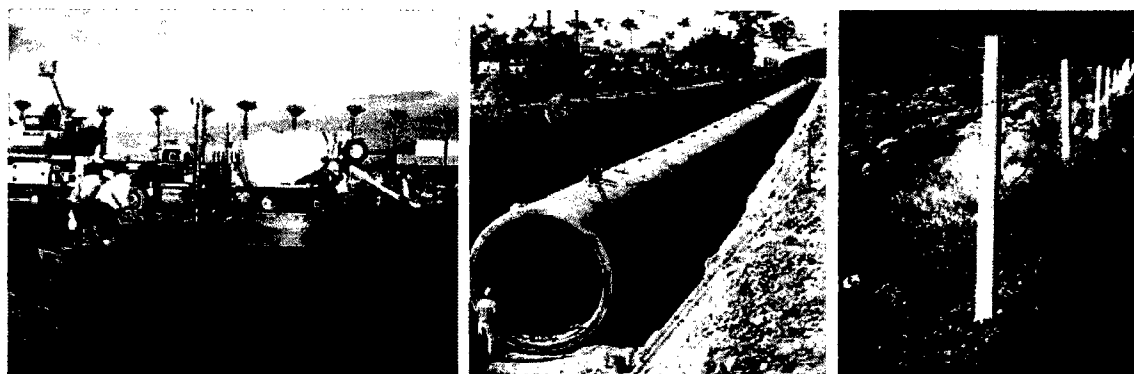


Fig.2.4.- Los cementos de moderada resistencia a los sulfatos y alta resistencia a los sulfatos de los miembros del concreto, tales como, losa sobre suelos, tubería y postes con alto contenido de sulfatos.

- **Aplicaciones**
 - Concreto con exposición moderada a los sulfatos
 - Estructuras en contacto con ambientes y suelos húmedos-salitrosos
 - Estructuras en ambiente marino
 - Obras portuarias
 - Concreto en clima cálido
 - Estructuras de concreto masivo
 - Concreto compactado con rodillo
 - Obra con presencia de agregados reactivos
 - Pavimentos y losas.

2.2.2. AGREGADOS PARA EL CONCRETO.

2.2.2.1. Generalidades.

Antiguamente se decía que los agregados eran elementos inertes dentro del concreto ya que no intervenían directamente dentro de las reacciones químicas, la tecnología establece que siendo este material el que mayor porcentaje de participación tendrá dentro de la unidad cubica de concreto sus propiedades y características influyen en todas las propiedades del concreto.

La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efecto importante no solo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad resistencia, propiedades elásticas y terminas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido.

Sabemos que el concreto está formado por una pasta de cemento y gua en el que se encuentran embebidas partículas de un material conocido como agregado, el cual ocupa aproximadamente del 65 % al 80% del volumen de la unidad cubica del concreto.

La norma del concreto E – 060, recomienda que a pesar que en ciertas circunstancias agregados no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado buen comportamiento satisfactorio 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.

Se clasifican en:

Agregado Fino: Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de la roca, que pasa por el tamiz 3/8" (9.51 mm) quedando retenido en el tamiz N° 200(74um), cumpliendo con los límites establecidos en la NTP 400.037

Agregado Grueso: Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 (4.75mm), podrá consistir de grava natural triturada, piedra partida o agregados metálicos naturales o artificiales.

- El agregado grueso puede consistir de piedra partida o grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado o una combinación de ellos. Estará conformado por partículas cuyo partículas sea preferentemente angular o semi angular, limpias, duras, compactas, resistentes de textura preferentemente rugosa y libres de material escamoso o partículas blandas.

- Las partículas deberán ser químicamente estables y estarán libres de escamas, tierra, polvo, limo, Sales, humus incrustaciones superficiales, materia orgánica u otras sustancias dañinas.
- Debido a la mayor adherencia mecánica de las partículas de perfil angular, la piedra chancada produce resistencias mayores que la grava redondeada. La angularidad acentuada deberá ser evitada por requerir de altos contenidos de agua y presentar reducciones de trabajabilidad.

Los requisitos que deben cumplir los agregados se encuentran descritos en el cuadro B.2.1 – Anexos (Requerimientos que deberían cumplir los agregados para concreto)

2.2.2. 2. propiedades físicas de los agregados.

2.2.2.2.1. Granulometría (NTP 400.012- ASTM C136.)

Se denomina así a la distribución por tamaños de las partículas que constituyen un agregado y se expresa como el porcentaje en peso de cada tamaño con respecto al peso total. Ello se logra separando al material por procedimiento mecánico empleando tamices de aberturas cuadradas determinadas.

La norma ASTM – C33 o la NTP 400.037 establece los límites granulométricos, donde deben estar comprendidos el agregado fino y el agregado grueso a fin de ser aptos para la elaboración de concretos.

Agregado Fino.

El porcentaje retenido en dos mallas sucesivas no excederá del 45% si el agregado empleado es en concretos con aire incorporado y con un contenido de cemento mayor 225 kg; o si el concreto sin aire incorporado y un contenido de cemento mayor de 300kg/m³; o si una adición mineral aprobada es empleada para suplir las deficiencias que pasa dichas mallas, el porcentaje indicado para las mallas N° 50 y N° 100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente.

Preferentemente el módulo deberá ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1 debiendo ser mantenido dentro de los límites masomenos 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla.

Si se sobrepasa el valor asumido, por exceso o por defecto, la supervisión podrá autorizar reajustes en las proporciones de la mezcla o rechazar el agregado para compensar las variaciones en la granulometría. Estos ajustes no deberán significar reducción en el contenido de cemento.

Cuadro 2.5 Usos granulométricos de la NTP 400.037.

| Tamiz | | Porcentajes de peso acumulado que pasa | |
|-------|------|--|-----|
| 3/8" | 9.5 | 100 | 100 |
| N°4 | 4.75 | 95 | 100 |
| N°8 | 2.36 | 80 | 100 |
| N°16 | 1.18 | 50 | 85 |
| N°30 | 0.6 | 25 | 60 |
| N°50 | 0.3 | 5 | 30 |
| N°100 | 0.15 | 0 | 10 |

Para la investigación tomaremos como referencia el huso granulométrico de la norma técnica peruana 400.037.

Agregado Grueso.

El agregado grueso esta graduado dentro de los limites especificados en las normas NTP 400.037 o ASTM C33. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½ y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼".

Cuadro 2.6.- Husos granulométricos del agregado grueso

| N° A.S.T.M | TAMAÑO NOMINAL | % QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------|---|--------------|------------|--------------|------------|----------------|------------|------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| | | 100mm 4" | 90mm 3.5" | 75mm 3" | 63mm 2.5" | 50mm 2" | 37,5mm 1.5" | 25mm 1" | 19mm ¾" | 12,5mm ½" | 9,5mm 3/8" | 4,75mm N°4 | 2,36mm N°8 | 1,18mm N°16 |
| 1 | 3½" a 1 ½" | 100 | 90 | | 25 | | 0 | | 0 | | | | | |
| | | | 100 | | 60 | | 15 | | 5 | | | | | |
| 2 | 2½" a 1 ½" | | | 100 | 90 | 35 | 0 | | 0 | | | | | |
| | | | | | 100 | 70 | 15 | | 5 | | | | | |
| 3 | 2" a 1" | | | | 100 | 90 | 35 | 0 | | 0 | | | | |
| | | | | | | 100 | 70 | 15 | | 5 | | | | |
| 357 | 2" a N°4 | | | | 100 | 95 | | 35 | | 10 | | 0 | | |
| | | | | | | 100 | | 70 | | 30 | | 5 | | |
| 4 | 1½" a ¾" | | | | 100 | | 90 | 20 | 0 | | 0 | | | |
| | | | | | | | 100 | 55 | 15 | | 5 | | | |
| 467 | 1½" a N°4 | | | | 100 | | 95 | | 35 | | 10 | 0 | | |
| | | | | | | | 100 | | 70 | | 30 | 5 | | |
| 5 | 1" a ½" | | | | | | 100 | 90 | 20 | 0 | 0 | | | |
| | | | | | | | | 100 | 55 | 10 | 5 | | | |
| 56 | 1" a 3/8" | | | | | | 100 | 90 | 40 | 10 | 0 | 0 | | |
| | | | | | | | | 100 | 85 | 40 | 15 | 5 | | |
| 57 | 1" a N°4 | | | | | | 100 | 95 | | 25 | | 0 | 0 | |
| | | | | | | | | 100 | | 60 | | 10 | 5 | |
| 6 | ¾" a 3/8" | | | | | | 100 | | 90 | 20 | 0 | 0 | | |
| | | | | | | | | | 100 | 55 | 15 | 5 | | |
| 67 | ¾" a N°4 | | | | | | | 100 | 90 | | 20 | 0 | 0 | |
| | | | | | | | | | 100 | | 55 | 10 | 5 | |
| 7 | ½" a N°4 | | | | | | | | 100 | 90 | 40 | 0 | 0 | |
| | | | | | | | | | | 100 | 70 | 15 | 5 | |
| 9 | 3/8" a N°8 | | | | | | | | 100 | | 85 | 10 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | 100 | 30 | 10 | 5 | |

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037- ASTM C 3

2.2.2.2.2. Módulo de finura (NTP 400.012.)

El módulo de finura es un número a dimensional que representa el tamaño promedio ponderado de las partículas del agregado, se utiliza para controlar uniformidad de los agregados, además de servir como medida del valor lubricante de un agregado, ya que cuando mayor es su valor menor será su valor lubricante y la demanda del agua por área superficial.

El módulo de finura se obtiene a través de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices

1 ½", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 dividida entre 100.

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

2.2.2.2.3. Peso unitario (NTP 400.017- ASTM C29.)

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos.

El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa, por ejemplo para un agregado grueso pesos unitarios altos, Significa que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento.

Existen dos tipos de peso Unitarios:

- **Peso unitario suelto P.U.S**

En este ensayo se busca determinar el peso del agregado que llenaría un recipiente de volumen unitario.

Se usa el término "Peso Volumétrico Unitario" Porque se trata del volumen ocupado por el agregado y los huecos.

Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen.

Al realizar este ensayo se deja caer suavemente el agregado grueso dentro del recipiente hasta llenarlo.

$$P. U. S = \frac{\text{Peso del Material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

- **Peso unitario compactado P.U.C**

Es la relación entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente que lo contiene.

Este ensayo nos determina el grado de compactación que puede presentar los materiales en su estado natural.

Todos los agregados presentan distinta proporción entre el peso unitario compactado con el peso unitario suelto.

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del Material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

2.2.2.2.4. Peso específico (NTP 400.021 -ASTM C127 – Ag y NTP 400.022 - ASTM C128 – Af)

El peso específico de un agregado es la relación de su peso, al peso de un volumen igual de agua, se usa en los cálculos para el control y diseño de mezclas. El peso específico es también un indicador de la calidad del agregado que se usa en la preparación de concretos.

- **Peso específico de masa.**- Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total (Incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material)
- **Peso específico de masa saturada superficialmente seca:** Es la relación entre el peso del agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo.

2.2.2.2.5. Porcentaje de absorción (NTP 400.021 -ASTM C127 – Ag y NTP 400.022 - ASTM C128 – Af)

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por la capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado. Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de la mezcla con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad. Por ellos es necesario tenerla siempre en cuenta para ser correcciones necesarias.

$$\% \text{ de absorcion del agregado fino} = \frac{100x(500 - A)}{A}$$

$$\% \text{ de absorcion del agregado grueso} = \frac{100x(B - A)}{A}$$

Dónde:

A: Peso seco del agregado fino o grueso

B: Peso del agregado grueso en estado natural.

2.2.2.2.6. Contenido de humedad(NTP 400.016 - ASTM C566)

Se entiende por contenido de humedad a la cantidad de agua que posee el material en estado natural, es importante debido a que puede hacer variar la relación a/c del diseño de la mezcla por lo tanto en la resistencia y otras propiedades del concreto en consecuencia es necesario controlar la dosis de agua.

Las condiciones de humedad a tener en cuenta se definirán de la siguiente manera

- Secados al horno: completamente absorbentes
- Secados al aire: La superficie de las partículas esta seca pero esta humeda interiormente son por lo tanto algo absorbentes
- Saturados superficialmente secos: No absorben agua ni aumentan el agua de la mezcla.
- Húmedo o mojados: Si contienen un exceso de humedad en la superficie.

Calculo del contenido de humedad

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{(\text{Peso humedo} - \text{Peso Seco}) \times 100}{\text{Peso Seco}}$$

2.2.2.2.7. Contaminación de los agregados (NTP 400.018 - ASTM C117.)

Son elementos perjudiciales que cuando se hallan presentes en los agregados disminuyen las propiedades fundamentales del concreto, tanto en la elaboración como en su comportamiento posterior.

Clasificación:

A las sustancias deletéreas se puede clasificar en tres grupos:

- ♣ Materiales muy finos.
- ♣ Materiales orgánicas.
- ♣ Partículas suaves, desmenuzables y ligeras.

2.2.2.2.8. Resistencia a la abrasión. (NTP 400.019 - 400.020, ASTM C131.)

Oposición que presentan los agregados sometidos a fuerzas de impacto y al desgaste por abrasión y frotamiento ya sea de carácter mecánico o hidráulico. Se mide en función inversa al incremento de material fino y cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original se le denomina porcentaje de desgaste

Existen diversos métodos para medir los efectos de abrasión, pero actualmente el más usado es la prueba de los ángeles por la rapidez con la que efectúa y porque se puede aplicar a cualquier tipo de agregado.

2.2.2.2.9. Tamaño máximo.

El estudio del tamaño máximo de los agregados y su influencia en las propiedades del concreto han sido ampliamente investigados, para obtener una óptima resistencia a la compresión de los concretos con baja relación agua/ cemento diversos investigadores han concluido que el tamaño máximo a utilizarse debe variar entre 1/2" y 3/4 ", no es recomendable usar tamaños mayores a 1", se ha encontrado que la adherencia de partículas de agregados de 3" es solamente cerca de 1/10 de la de los agregados de 1/2" . Los agregados con tamaño menos contribuyen a producir concretos más resistentes debido a una menor concentración de esfuerzos alrededor de las partículas causados por la diferencia de módulos de elasticidad entre pasta y el agregado.

De acuerdo a la norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra del agregado grueso.

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

2.2.2.2.10. Tamaño máximo nominal.

De acuerdo a la norma NTP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. El tamaño nominal del agregado no deberá ser mayor de:

- ♣ Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados o
- ♣ Un tercio del peralte de las losas o
- ♣ Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos pre esfuerzo

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá disminuir el tamaño del agregado grueso siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido y se obtenga resistencia especificada.

Las limitaciones anteriores también pueden ser obviadas si, a criterio de la supervisión la trabajabilidad y consistencia del concreto y los procedimientos de compactación son tales que el concreto puede ser colocado sin que se formen vacíos o cangrejas.

2.2.3. EL AGUA PARA EL CONCRETO.

2.2.3.1. Conceptos generales

El agua es uno de los componentes del concreto que da la trabajabilidad y a su vez actúa con el cemento para producir el endurecimiento del concreto.

El agua presente en la mezcla del concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr.

- La formación de gel.
- Permitir que el conjunto de la masa adquiriera las propiedades que :
 - En estado no endurecido facilitan una adecuada manipulación y colocación de la misma; y
 - En estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

Como requisito de carácter general y sin que ello implique la realización de ensayos que permitan verificar su calidad. Se podrá emplear como aguas de mezclado aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozcan que pueden ser utilizadas en la preparación de concreto.

Debe recordarse que no todas las aguas son adecuadas para beber son convenientes para el mezclado y que, igualmente no todas las aguas inadecuadas para beber son inconvenientes para preparar concreto.

En general dentro de las limitaciones que en las diferentes secciones se han de dar, el agua de mezclado deberá estar libre de sustancias colorantes, aceites y azúcares.

Adicionalmente, el agua empleada no deberá contener sustancias que puedan producir efectos desfavorables sobre el fraguado, la resistencia o durabilidad, apariencia del concreto, o sobre los elementos metálicos embebidos en este.

Previamente a su empleo, será necesario investigar y asegurarse que la fuente de provisión no está sometida a influencias que puedan modificar su composición y características con respecto a las conocidas que permitieron su empleo con resultados satisfactorios

2.2.3.2. Requisitos de calidad.

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088 y puede ser de preferencia, potable.

No existen criterios uniformes cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse.

A continuación se presenta, en partes por millón, los valores aceptados como máximos para el agua utilizada en el concreto.

Cuadro 2. 7.- Cantidad de sales y cloruros en el agua para el concreto.

| | |
|------------------------|------------|
| Cloruros | 300 ppm |
| Sulfatos | 300 ppm |
| Sales de magnesio | 150 ppm |
| Sales solubles totales | 500 ppm |
| PH | mayor de 7 |
| Solidos de suspensión | 1500 ppm |
| Materia orgánica | 10 ppm |

Fuente: Libro Tópicos de Tecnología del Concreto – Enrique Pascal

El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.

Si se utiliza aguas no potables, la Calidad de agua, determina por análisis de laboratorio, deberá ser aprobada por la suspensión.

2.2.3.3. Requisitos del comité del ACI.

- El agua empelada para el mezclado del concreto deber estar limpia y libre de cantidades peligrosas de aceites, álcalis, ácidos, sales, materia orgánica, u otras sustancias peligrosas para el concreto o refuerzo.
- No deberá emplearse en las concretas aguas no potables, salvo que las condiciones sean satisfechas.
- Las sales u otras sustancias peligrosas, con las que contribuyen los agregados o aditivos, deben ser añadidas al volumen que pueden ser contenido en el agua de mezclado. Estos volúmenes adicionales deben ser considerados en la evaluación de la aceptación de las impurezas totales que pueden ser peligrosas para el concreto o acero.
- El agua a emplearse en la preparación del concreto se almacenara, de preferencia en tanques metálicos o silos. Se tomaran las precauciones que eviten su contaminación. No es recomendable almacenar el agua de mar en tanques metálicos.

2.2.3.4. Efectos en el concreto.

En las diversas especificaciones y prácticas recomendadas, al establecer la calidad necesaria en el agua de mezclado, se pone más énfasis en la evaluación de los efectos que produce en el concreto, que en la cuantificación de las sustancias indeseables e impurezas que contiene.

Esto aparentemente se justifica por que tales reglamentaciones están dirigidas principalmente a construcciones urbanas, industriales o similares, cuyo concreto se produce en localidades donde normalmente se dispone de un suministro de agua para uso industrial o doméstico.

No siempre ocurre así durante la construcción de centrales eléctricas, particularmente de las hidroeléctricas, en donde es necesario acudir a fuentes de suministro de agua cuya calidad es desconocida y con frecuencia muestra señales de contaminación.

En tal caso, es prudente determinar el primer término las características físico – químicas del agua y si estas son adecuadas, proceder a verificar sus efectos en el concreto.

Los efectos indeseables que el agua de mezclado de calidad inadecuada puede producir en el concreto, son a corto, mediano y largo plazo.

Los efectos a corto plazo normalmente se relacionan con el tiempo de fraguado y las resistencias iniciales, los de mediano plazo pueden consistir en el ataque a sulfatos, la reacción álcalis agregado y la corrosión del acero de refuerzo.

La prevención de los efectos a largo plazo se consigue por medio de análisis químico del agua, antes de emplearla, verificando que no contenga cantidades excedidas de sulfatos, álcalis cloruros y dióxidos de carbono disueltos, principalmente.

Para prevenir los efectos a corto y mediano plazo, se acostumbra precalificar el agua mediante pruebas comparativas de tiempo de fraguado y de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días.

En estas pruebas se comparan especímenes elaborados con mezclas idénticas, en las que solo se cambia la procedencia del agua de mezclado: agua destilada en la mezcla – testigo y el agua en la mezcla de prueba.

2.2.4. ADITIVO PARA EL CONCRETO

2.2.4.1. Introducción.

Generalmente cuando las propiedades de los cementos portland, no pueden satisfacer por completo todos los requerimientos de los procesos constructivos, existen varios casos en que la única alternativa de solución técnica y eficiente es el uso de aditivos, con lo que se logra modificar en forma dirigida algunas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto.

Los aditivos son aquellos productos que introducido en el concreto permiten modificar sus propiedades en una forma susceptible de ser prevista y controlada.

Productos que, agregados en pequeña proporción en pastas, morteros y concreto en el momento de su fabricación, mejoran o modifican una o varias de sus propiedades.

Aun cuando los aditivos son un componente eventual del concreto, existen ciertas condiciones o tipos de obras que los hacen indispensables.

De esta manera su uso estará condicionado por:

- a) Que se obtenga el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básica.
- b) Que el producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del concreto.
- c) Que un análisis de costo justifique su empleo.
- d) Que un análisis de costo justifique su empleo.

2.2.4.2. Definición.

El aditivo es definido, por American Concrete Institute como por la norma ASTM C125 como " Un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado"

La norma técnica peruana NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar algunas de sus propiedades, Los aditivos comúnmente son usados entre el 0.3% y 2.0% del peso del cemento.

2.2.4.3. Características generales.

Los aditivos son materiales utilizados como componentes del concreto o el mortero, los cuales se añaden a estos durante la mezcla a fin de:

- a. Modificar una o algunas de sus propiedades a fin de permitir que sean más adecuadas al trabajo que se está efectuando.
- b. Facilitar su colocación
- c. Reducir costos de operación.

Los aditivos utilizados deberán cumplir con los requisitos de las normas ASTM o NTP correspondientes.

La norma establece que debe cumplir con los requisitos para comprobar las modificaciones aportadas por el aditivo en las propiedades del concreto tales como: cantidad de agua, tiempo de fragua, resistencia a compresión inalterabilidad indicándonos en cada caso valores mínimos esperados según dosificación o tipo de aditivo que se esté utilizando.

Razones por la cual el uso del aditivo se vuelve importante:

En el concreto fresco.

- Incrementar la trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua.
- Disminuir el contenido de agua sin modificar su trabajabilidad.
- Reducir o prevenir asentamientos de la mezcla para originar una ligera expansión, usados para rellenar los vacíos y aberturas en estructuras del concreto.
- Modificar la velocidad y/o volumen de exudación reducir la segregación, facilitar el bombeo del concreto.
- Retardar o acelerar el tiempo de fraguado inicial.

En el concreto fresco.

- Retardar o reducir el calor de hidratación durante el endurecimiento temprano.
- Desarrollo inicial de la resistencia.
- Incrementar la durabilidad del concreto a condiciones severas de exposición.
- Mejorar la adherencia concreto - acero de refuerzo.
- Reducir el costo unitario del concreto

Los aditivos no especifican su uso con diferentes tipos de cemento por que se espera que el comportamiento sea el mismo con todos los tipos. Sin embargo en la práctica se ha observado que la actividad del aditivo puede variar cierto modo con diferentes tipos de cemento dada por sus características químicas o la naturaleza del Clinker; al menos en el Perú aún no existe la suficiente daría para poder caracterizar un comportamiento y especificarlo. Por lo general se sugieren pruebas previas en concreto para encontrar el óptimo uso considerando las condiciones de obra y costos.

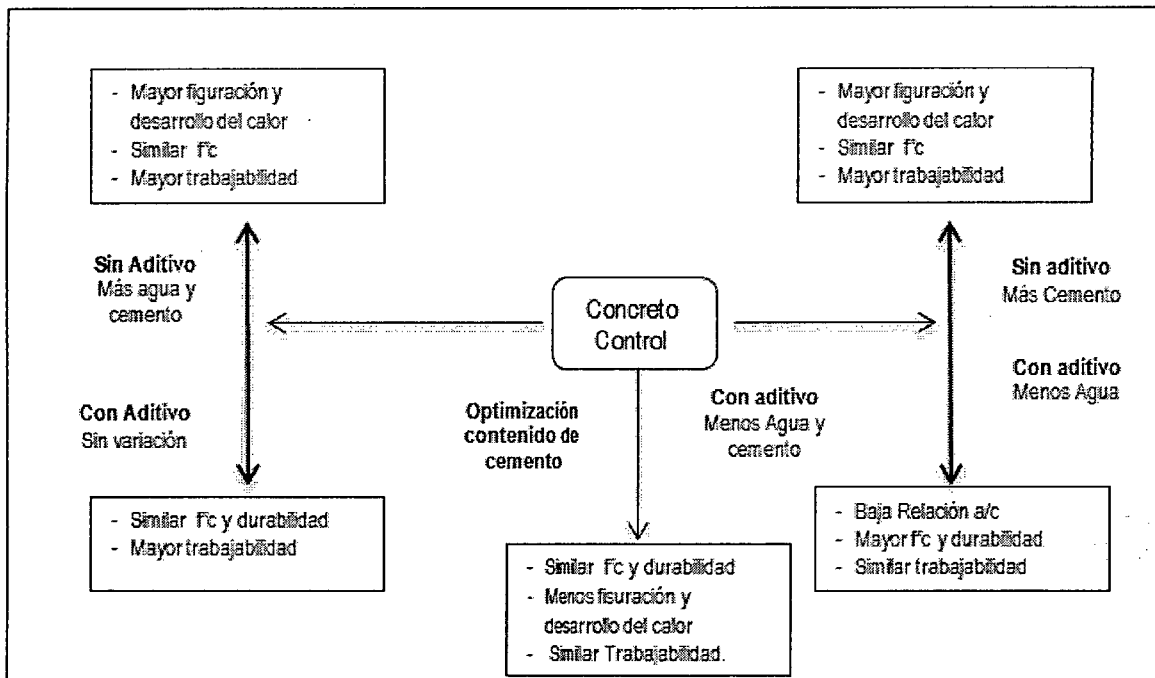


Grafico 2.1.- Cuadro del comportamiento del aditivo en el concreto. (Fuente propia)

2.2.4.4. CONCEPTO DE ADITIVOS

2.2.4.4.1. Aditivos super plastificantes.

Corresponde a una generación de aditivo plastificadores en base a productos melaminicos o naftalínicos, constituyendo una evolución de los aditivos reductores de agua, en que la absorción y la capacidad de dispersión del cemento son mucho más acentuadas.

Esto se traduce en un enorme aumento de la trabajabilidad del concreto sin modificar la cantidad de agua. El Resultado es un concreto muy fluido (Autonivelante), de baja tendencia a la segregación.

Pueden utilizarse también como reductores de agua, siendo posible este caso, dado su apreciable efecto, alcanzar disminuciones en la cantidad de agua entre el 20% y 30%. Ello permite obtener un fuerte incremento en las resistencias, especialmente en las primeras edades, por lo que pueden utilizarse como aceleradores de endurecimiento o aditivos para concretos de alta resistencia.

- Efectos.

Los super plastificantes se emplean en dosis mayores que los plastificantes reductores de agua de (0.8% -3.0%) y pueden ser agregados al final del amasado sin diluir previamente en el agua.

El efecto se termina una vez transcurrido el tiempo señalado, volviendo el concreto en su docilidad inicial. Eventualmente puede agregarse una nueva dosis re mezclando el concreto con el fin de prolongar el efecto por otro periodo.

Los concretos fluidos obtenidos con estos aditivos pueden ser colocados con gran facilidad pues son prácticamente autonivelantes y por lo tanto se reduce el trabajo de colocación y se elimina la necesidad de vibrar en zonas densamente armadas.

Cuando los aditivos superplastificantes se emplean como reductores de agua se obtiene un incremento de algunas características del concreto endurecido, especialmente su resistencia, durabilidad e impermeabilidad. Por otra parte debido a que no producen incorporación de aire el efecto en las resistencia es superior al obtenido en plastificantes – reductores de agua, especialmente en las primeras edades, lo que resulta muy conveniente para su empleo en concretos pretensados prefabricado y obras se requiere desarrollo rápido de resistencias.

Otro factor importante a tener en consideración, es sobre la base de ensayos de laboratorio y aplicaciones en obra indican que la sobredosis del aditivo superplastificantes o su aplicación en obra indican que la sobredosis de aditivo superplastificante o su aplicación en un concretos de composición inadecuada puede producir una fuerte segregación, depositándose las partículas sólidas en una masa compacta y dura, mientras el agua de amasado sube a la superficie del concreto.

2.2.4.5. Características del aditivo sika visocrete 3330.

2.2.4.5.1. Descripción general

Es un super plastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para climas fríos y/o se necesita altas resistencias a tempranas edades.

2.2.4.5.2. Campos de aplicación

- Es adecuado para la producción de concreto en obra y concreto pre-mezclado.
- Se usa para los siguientes tipos de concreto:
 - Concreto pre-fabricado.
 - Acelera la fragua del concreto.
 - Para concretos de pavimentos tipos Fast Track, concretos de pronta puesta en servicio.
 - Concreto para climas fríos.
 - Concreto con alta reducción de agua (hasta 30%)
 - Es adecuado para concreto bajo agua, sistemas Tremie. (la relación agua material

- cementante debe ser entre 0.30 a 0.45)
- Concreto de alta resistencia.
- Concreto autocompactante.
- El alto poder reductor de agua, la excelente fluidez y el corto tiempo de fraguado con altas resistencias tempranas tienen una influencia positiva en las aplicaciones antes mencionadas.

2.2.4.5.3. DATOS BASICOS

- Aspecto: Líquido
- Color : Marrón
- Presentación : Cilindro x200L

2.2.4.5.4. DATOS TECNICOS

- Densidad : 1.07kg/l +- 0.01
- Norma : ASTM C494 Y ASTM C -1017

DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.

- **Aditivo:** producto incorporado en el momento de amasado del concreto en un proporción no mayor al 5% en masa con relación al contenido de cemento en el concreto, con el objeto de modificar las propiedades de la mezcla en estado fresco y/o endurecido.
- **a/mc:** Relación agua/material cementante.
- **Capacidad de paso:** Capacidad de fluir libremente a través del armado, ofreciendo un perfecto relleno, sin indicios de bloqueo del agregado grueso ni otros fenómenos relacionados con la pérdida de homogeneidad (segregación y exudación)
- **Capacidad de relleno.** Capacidad para rellenar completamente todas las zonas del encofrado así como recubrir y fluir a través de las armaduras, sin formación de vacíos (Perfecta compactación) y sin la necesidad de vibrado ni otros métodos de compactación externos.
- **Caracterización de la fluidez.** Capacidad de fluir del concreto no confinado en el encofrado ni en el armado.
- **Concreto:** Mezcla de agua+ cemento+arena+piedra+adiciones.
Material compuesto que al ser mezclado presenta una apariencia plástica de fácil manejo, pero que transcurrido cierto tiempo pierde plasticidad y empieza a adquirir resistencia y rigidez.
- **Concreto Autocompactante o autoconsolidante o autocompactable (CAC)** Concreto capaz de fluir y recubrir cualquier parte y rincón del encofrado y a través del armado simplemente por la acción de su propio peso y sin la necesidad de ningún otro tipo de método de compactación ni segregación ni indicios de bloqueo.
- **Concreto Fluido.** Es aquel tipo de concreto que presenta poca consistencia expresada en grandes asentamientos en el cono de Abrams. Según la clasificación de los concretos se denominan mezclas fluidas de concreto a las que poseen asentamiento mayores a 6 pulgadas.
- **Consistencia.** Es la resistencia que opone el cuerpo a experimentar deformaciones.
- **Compactación:** Proceso por el cual se induce, por reducción de vacíos, un acomodo cercano de las partículas sólidas en la mezcla fresca durante su colocación, la compactación se realiza usualmente a través de la vibración, centrifugación, rodillado, apasionado o una combinación de estas acciones.
- **Durabilidad.** Capacidad del concreto de resistir a acciones climáticas, ataques químicos, abrasión (Desgaste) y otros procesos de deterioro en condición de servicio.
- **Ensayo de escurrimiento.** Diámetro medio en de la extensión de concreto fresco usando un cono de abrams convencional.
- **Estabilidad:** Capacidad del concreto de conservar sus propiedades en estado fresco aun con pequeñas variaciones de las propiedades o cantidades de los materiales constituyentes

- **Fluidez.**- Capacidad de fluir del concreto fresco.
- **Resistencia a la segregación.**- Capacidad del concreto de mantener la homogeneidad de la composición en estado fresco.
- **Trabajabilidad.** Según el ACI la trabajabilidad es aquella propiedad del concreto fresco que determina la facilidad y homogeneidad con que esta puede ser mezclada, vaciada, compactada y acabada.
- **Viscosidad.**- Es la propiedad que poseen los fluidos debido al frotamiento de sus moléculas y se mide por la velocidad de desplazamiento bajo ciertas condiciones.

3.3.2. Materiales y equipos

3.3.2.1. Materiales.

- **Cemento.**

- Cemente Pacasmayo Tipo V, norma ASTM C-150, NTP334.009, con peso específico 3.10 g/cm³.
- Cemento Pacasmayo MS (MH) R, norma ASTM C-595, NTP334.090, con peso específico 2.92 g/cm³.

NOTA : Se utilizó para estructuras expuestas a moderadas resistencia a los sulfatos, cemento con antisalitre Fortimax 3, debido a que es el tipo cemento que se encuentra con mayor disponibilidad en el mercado peruano, y tienen propiedades similares que el cemento Tipo II, este actualmente se está fabricando a pedido.

- **Agregados:** Fino (Arena) y grueso (Piedra Chancada) Procedentes de la cantera "Aguillar".
- **Agua potable,** proveniente de la red pública de servicio de agua en Cajamarca. NTP339.088
- Aditivo Sika viscocrete 3330 ASTM C-494, tipo G.

3.3.2.2. Equipos

- Juego de tamices conformados por: N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 3 1/2" y 4".
- Estufa a temperatura constante de 110 ° C ± 5 ° C.
- Balanza, con sensibilidad de 0.5 gr. y capacidad no menor de 5 Kg.
- Cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3 mm.
- Depósito adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua.
- Termómetro con aproximación de 0.5 ° c.
- Esferas de acero
- Barra compactadora de acero, circular, recta, de 5/8" de diámetro y 60 cm. De largo, con un extremo redondeado.
- Recipiente cilíndrico y de metal, suficientemente rígido para condiciones duras de trabajo.
- La Máquina de los Ángeles.
- Máquina Universal – Resistencia a Compresión.

CAPITULO III
MATERIALES Y METODOS

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Ubicación geográfica.

La investigación en el campus universitario, ubicada la Av. Atahualpa N°1050, Facultad de Ingeniería, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales "Carlos Esparza Díaz".

3.2. Metodología.

La Investigación fue aplicada en su primera parte con un nivel descriptivo, luego explicativo y finalmente comparativo.

Por la naturaleza de las variables fue una investigación de diseño experimental con grupos de controles, Ensayos en estado fresco y ensayos post – prueba.

3.3. Procedimiento.

3.3.1. Aspectos Previos.

Para la elaboración de la presente tesis, se seleccionó la cantera "el Chonta –Chancadora Aguilar" del cual se extrajeron los agregados, se desarrollaron estudios de las propiedades de estos, Luego se realizó diseños de pruebas para seleccionar un diseño patrón, a este diseño patrón se le adiciono aditivo en porcentajes de 0.40%,0.60%,1.00%, 1.50% y 2.00% del peso del cemento por m³, definiendo de estos la dosificación más adecuada teniendo en cuenta requisitos de durabilidad y autocompactabilidad de acuerdo a las normas establecidas. Para lo cual se estudió el concreto tanto en estado fresco, como en estado endurecido.

Se realizaron especímenes para ensayos de resistencia a la compresión: distribuidos de la Siguiente manera:

Cuadro 3.1. Cantidad de especímenes realizados en la investigación.

| Cantidad de Especímenes para ensayos de resistencia a la compresión | | | |
|--|--------------------|--------------------|--------------|
| Tipo de Cemento | Sin Aditivo | Con Aditivo | Total |
| Cemento Tipo V | 18 | 72 | 180 |
| Cemento MS (MH) R | 18 | 72 | |
| Cantidad de especímenes para ensayos de resistencia a flexión | | | |
| Tipo de Cemento | Sin Aditivo | Con Aditivo | Total |
| Cemento Tipo V | 18 | 18 | 72 |
| Cemento MS (MH) R | 18 | 18 | |

3.3.3. Cantera.

3.3.3.1. Elección de la cantera:

En la presente tesis de investigación, e

l material a utilizar en los diferentes ensayos de laboratorio, fue obtenido de la cantera Aguilar - Río Chonta.

3.3.3.2. Ubicación.

La cantera se encuentra situada en las riveras del río Chonta (margen izquierda) aproximadamente a 01 km de la Plaza de Armas del distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca, región Cajamarca. Esta cantera se encuentra constituida de diversos tipos de rocas, en su mayoría de calizas, areniscas, traquitas, etc.

El agregado fino presenta una forma homogénea y constituida por fragmentos de forma angular de las rocas anteriormente reducidas, por la acción mecánica de transporte por el río.

El agregado grueso está constituido en su mayoría por canto rodado.

El Acceso a la cantera es siguiendo la ruta Baños del Inca - Otuzco encontrándose la vía en buen estado.



Fig. 3.1.-Ubicación de la cantera.

3.3.4. Determinación de las características físico mecánicas de los agregados.

Se realizaron los ensayos correspondientes a las propiedades y características de los agregados especificadas en las siguientes normas:

3.3.4.1. Normas.

- **Granulometría.**-NTP 400.037- ASTM C136.
- **Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.**-NTP 400.021 -ASTM C127.
- **Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.**-NTP 400.022 - ASTM C128.
- **Contenido de Humedad.**-NTP 339.185 - ASTM C566
- **Agregados. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.**-NTP 400.017- ASTM C29.
- **Material más fino que pasan por el tamiz normalizado 75 μ m (No. 200) por lavado en agregados.**-NTP 400.018 - ASTM C117.
- **Resistencia a la Abrasión.**-NTP 400.019 - 400.020, ASTM C131.

3.3.5. Diseño de Mezclas.

Se realizó el diseño de mezclas, para un f_c de 350 kg/cm², utilizando dos tipos de cementos (Tipo V, Antisalitre con Fortimax 3), para lo cual se hicieron ensayos de prueba, analizando en ellos características del concreto en estado fresco y endurecido, determinando de esta manera un diseño patrón, a partir de este se diseñó un concreto con variaciones de los porcentajes de aditivo, con el fin de determinar el porcentaje óptimo.

El método utilizado fue el módulo de fineza de combinación de agregados, teniendo en cuenta consideraciones en guías de concreto autocompactante y parámetros de durabilidad(ACI 318)

Se siguió el siguiente procedimiento:

- Determinación de la resistencia.
- Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado.
- Selección del asentamiento.
- Volumen Unitario del agua.
- Selección del contenido de aire.
- Relación Agua – Cemento.

- Factor Cemento.
- Calculo del volumen absoluto de la pasta.
- Calculo del volumen absoluto del agregado.
- Calculo del módulo de fineza de la combinación de agregados.
- Cálculo del valor de r_r .
- Calculo de los Volúmenes absoluto del agregado.
- Peso secos de los agregados.
- Valores de diseño.
- Corrección por humedad del agregado.
- Proporción en peso.

3.3.6. Elaboración de especímenes de concreto.

Se realizó según la NTP 339.183.

Una vez realizada la mezcla se analizaron las propiedades y características del concreto tanto en estado fresco como endurecido, evaluando principalmente ensayos de autocompactacion en estado fresco)

3.3.6.1. Propiedades y características del concreto en estado fresco.

3.3.6.1.1. Caracterización del CAC en estado fresco.

Las propiedades de los concretos si en estado fresco suelen medirse por una serie de ensayos que tratan de identificar la auto compactibilidad del concreto teniendo en cuenta su capacidad para llenar los espacios del encofrado como pasar a través de los obstáculos sin perder homogeneidad ni crear obstrucciones.

Los ensayos convencionales no sirven para determinar estas propiedades y se han desarrollado ensayos específicos, algunos de los cuales están normalizados y que tratan de identificar y establecer el grado de autocompactabilidad.

a) Extensión de flujo.

a.1. Método del cono de abrams

Este ensayo es el más utilizado debido a la sencillez, y a utilizar el mismo cono que se utiliza para el ensayo de asiento en cono de Abrams habitual. Se utiliza el mismo cono que el utilizado para el asiento en cono de Abrams, según la norma UNE 83313:1990, utilizando una placa para realizar el ensayo de dimensiones suficientes (1000 x 1000 mm) y 2 mm de espesor, pintando circunferencias de 200 mm y 500

mm de diámetro centradas y marcadas en la superficie. Adicionalmente se necesita un cronómetro con apreciación de segundos y una cinta métrica. Básicamente el ensayo consiste en rellenar el cono de Abrams de una sola vez centrado en la circunferencia de 200 mm de diámetro, practicando este relleno sin compactar de ninguna forma el hormigón. Se nivela el hormigón en la superficie y antes de que pasen 2 minutos se levanta verticalmente el cono de forma cuidadosa y continua (entre 2 y 3 segundos), dejando que el hormigón se extienda. Hay que determinar el tiempo que tarda el círculo de hormigón en alcanzar el círculo marcado de 500 mm de diámetro, y posteriormente se mide el diámetro del círculo final alcanzado, midiendo en dos diámetros perpendiculares y calculando la media. Con ello se obtienen dos parámetros de este ensayo, el valor T50, es decir el tiempo que se tarda en alcanzar el círculo de 500 mm, y el diámetro final del hormigón extendido, ensayo que debe repetirse si difieren los dos diámetros medidos en más de 5 cm.

La información que puede obtenerse de este ensayo es la siguiente:

- ♣ **Dmax** (Diámetro máximo alcanzado por la mezcla al esparcirse) ver gráfico 3.1 a
- ♣ **T50** (Tiempo que demora la mezcla en alcanzar 50 cm de diámetro) ver gráfico 3.1 b
- ♣ **Grado de segregación** (Inspección visual).

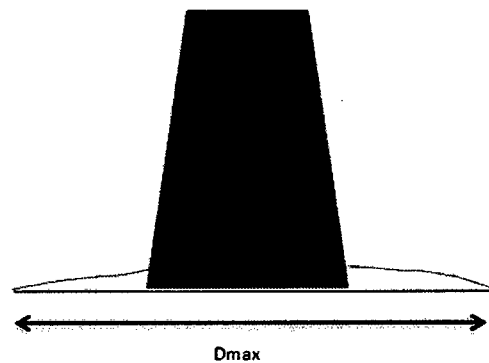


Fig. 3.2 a.-Ensayo de extensión de Flujo Dmax.

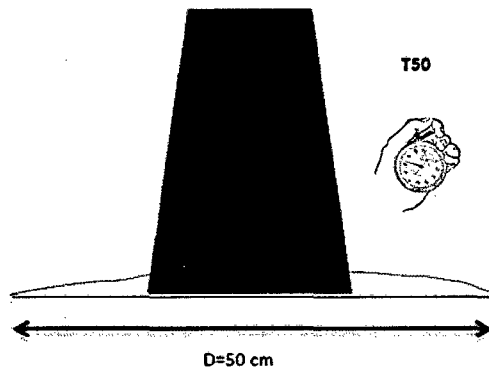


Fig. 3.2 b.-Ensayo de extensión de Flujo D_{50} y T_{50} .

Característica Medida: Resistencia a la segregación, estabilidad, asentamiento, Viscosidad.

Consideraciones: El **T50** debería estar entre 2 y 5 segundos para considerar un correcto CAC (M. Garcia, Hormigon Autocompactante)

El ensayo de extensión de flujo es uno de los métodos más fáciles para medir por observación visual la resistencia a la segregación de la mezcla del concreto autocompactante las características más resaltantes de los casos segregados son:

- Tendencia del agregado grueso a quedarse en el centro de la "Torta" formada por la mezcla de concreto
- En el perímetro se puede observar la presencia de pasta de cemento sin agregado grueso
- La forma que adoptan las mezclas de concreto no segregadas es circular, en las mezclas segregadas la forma es irregular (ver fotos 3.3.a y 3.3.b)

| | |
|--|--|
| | <p>Fig. 3.3.a. MEZCLA SEGREGADA 1.- concentración de agregado grueso en el centro de la torta 2.- Separación pasta – agregado en el perímetro</p> |
|--|--|

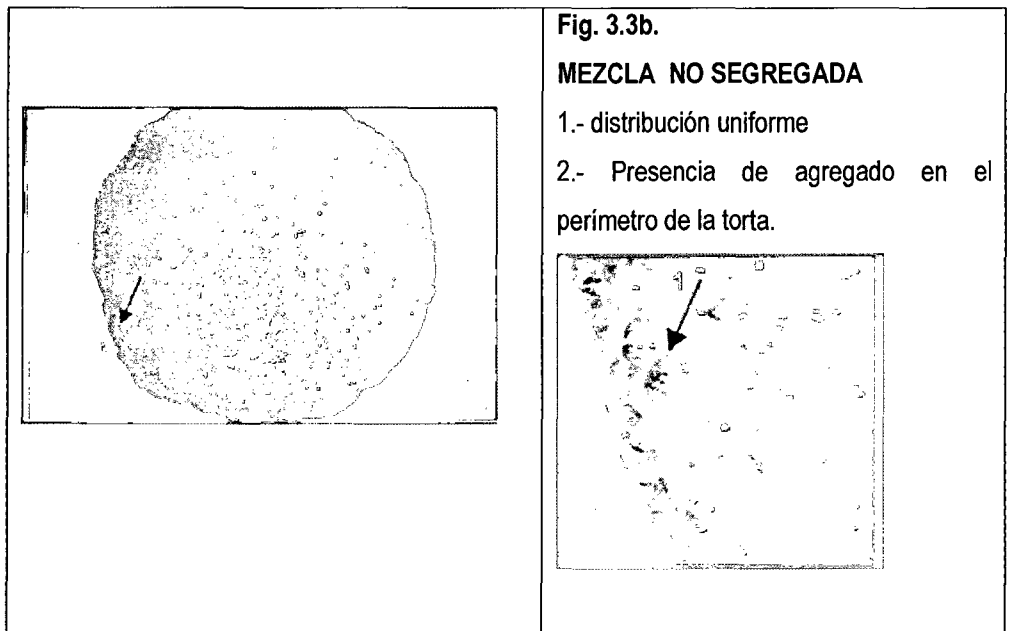
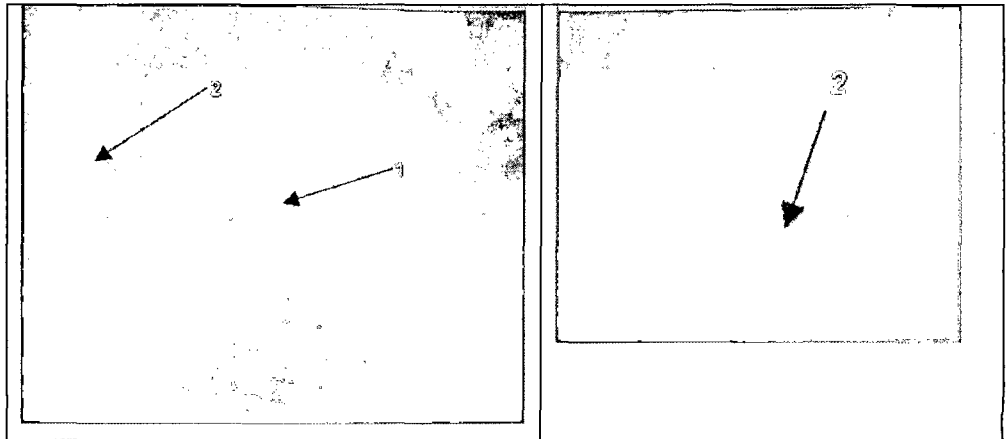


Fig. 3.3b.

MEZCLA NO SEGREGADA

1.- distribución uniforme

2.- Presencia de agregado en el
perímetro de la torta.

b) Resistencia al paso.

La capacidad de paso describe la capacidad de la mezcla fresca de fluir a través de espacios confinados y aperturas estrechas así como zonas densamente armadas, sin segregación, pérdida de uniformidad o bloqueo.

En la definición de capacidad de paso es necesario considerar la geometría y la densidad de las armaduras, el flujo – capacidad de relleno y el tamaño máximo de los agregados.

Para Determinar la Capacidad de paso se realizó el ensayo de la Caja L.

b.1. Ensayo de Caja L.

El ensayo de la caja L, evalúa la capacidad de fluir y llenar todos los espacios de los encofrados en zona con alta densidad de refuerzo de acero u obstáculos, solo bajo la acción de su propio peso, solo casos severos de segregación pueden ser notados visualmente en este ensayo.

El equipo usado consiste de una caja de sección rectangular en forma de L, con una sección vertical y otra horizontal, separados por una compuerta deslizante, A la salida de dicha compuerta se encuentran varillas de acero corrugado colocados de forma vertical a manera de obstáculos. La sección vertical es llenada con concreto, luego se abre la compuerta y se permite que fluya hacia la parte horizontal. Cuando el flujo se ha detenido se miden las alturas alcanzadas por la mezcla al inicio y al final de la sección horizontal de la caja, la relación entre la altura final de la caja y al inicio se llama Radio de Bloqueo.

En la sección horizontal se marca a partir de la compuerta las distancias de 20 y 40 cm de largo y se toma el tiempo que la mezcla tarda en recorrer dichas distancias.

El radio de bloqueo nos indica la capacidad que tiene la mezcla de fluir a travesar zonas con alta densidad de obstáculos y además autonivelarse, los tiempos tomados proporcionan información sobre la velocidad y desplazamiento de la mezcla en estos medios

Las secciones de las barras de acero que sirven como obstáculos y el esparcimiento entre ellas puede variar dependiendo del nivel de dificultad del proyecto, normalmente se utilizan 3 fierros de 1/2" de diámetro y espaciados 34 mm una de otra.

La información que puede obtenerse de este ensayo es el siguiente:

- ✓ **RADIO DE BLOQUEO:**(Relación entre las alturas obtenidas en la sección horizontal de la caja L), Ver gráfico 3.4 c
- ✓ **T20** (Tiempo que demora la mezcla en recorrer 20 cm en la sección horizontal de la caja L, medidos a partir de la compuerta), ver gráfico 3.4 a
- ✓ **T40:** (tiempo que demora la mezcla en recorrer 40 cm en la sección horizontal de la caja L tiempos medidos a partir de la compuerta), ver gráfico 3.4 b

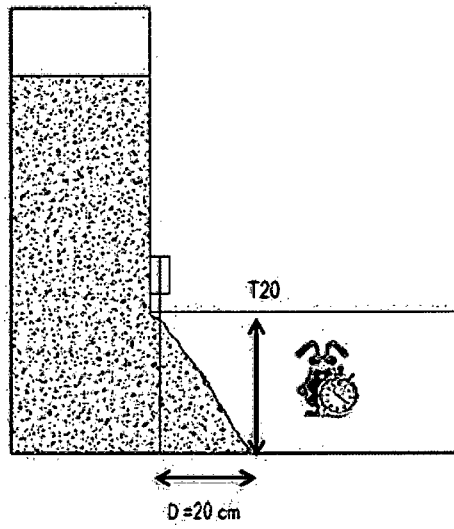


Fig.3.4 a.- medición del tiempo T_{20} .

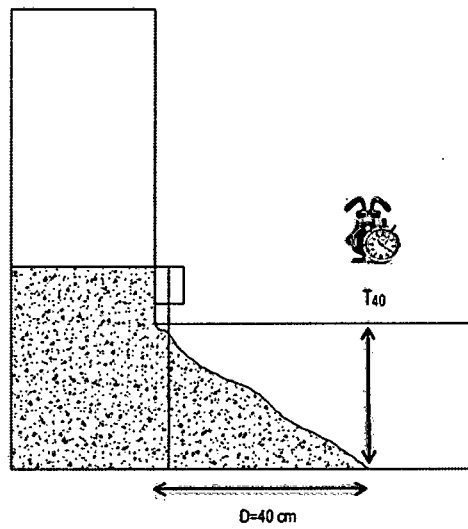


Fig. 3.4 b.- medición del tiempo T_{40} .

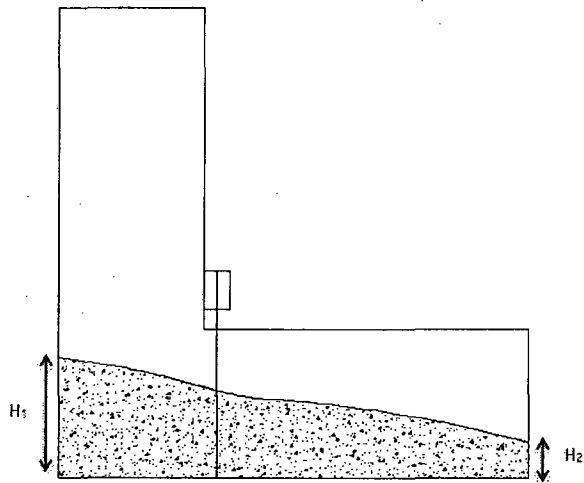


Fig. 3.4 c.- Cálculo del radio de bloqueo H_2/H_1 .

Característica Medida: Capacidad de paso y Resistencia a formar obstrucciones.

Consideraciones: $T_{20} < 1.5$ Seg, $T_{40} < 2.5$ Seg. $H_2/H_1 > 0.8$ (M.García, Hormigón Autocompactante)

Cuando la muestra de concreto tiene una fuerte tendencia a la segregación y/o cantidad de agregado grueso es grande, es posible que el flujo de concreto detenga por un bloqueo la salida de la compuerta.³³

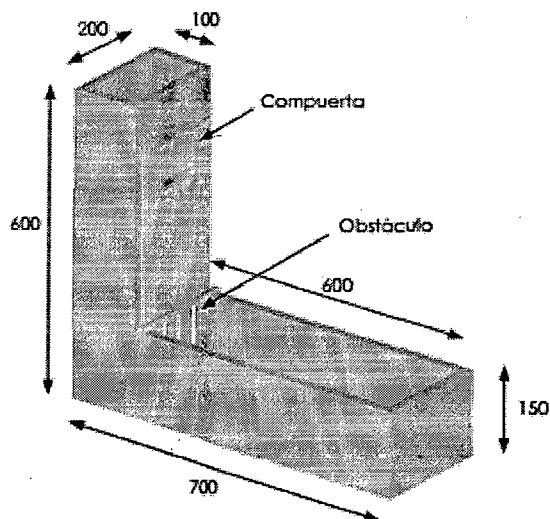


Fig. 3.4 d: Dimensiones típicas Caja L

PROCEDIMIENTO.

1. Humedecer la caja L sin dejar agua en la superficie.
2. Asegurar que dicha caja se encuentre nivelada y cerrar la compuerta que separa la sección vertical de la horizontal.
3. Llenar con concreto la sección vertical, sin aplicar compactación alguna y en una sola capa.
4. Dejar reposar la mezcla durante 60 segundos
5. Levantar la compuerta y permitir que la mezcla fluya libremente hacia la sección horizontal
6. Simultáneamente tomar el tiempo desde que se levanta la compuerta hasta que la mezcla recorra 20 y 40 cm en la sección horizontal
7. Luego que se detenga el flujo del concreto, medir las alturas alcanzadas por la mezcla al inicio y final de la sección horizontal, calcular el radio de bloqueo.

c) Capacidad de Relleno y paso.

c.1. Caja C.

El ensayo de la caja en U, U-Box en inglés, al igual que la Caja L evalúa la habilidad de pasar entre las barras de acero (resistencia al bloqueo), la capacidad de relleno y la resistencia a la segregación pero con un mayor nivel de exigencia en cuanto a la fluidez, es decir, confinado y contra la gravedad (RILEM Technical Committee 174 – SCC).

El aparato está compuesto de dos compartimentos verticales separados por una sección armada y una compuerta. El ensayo consiste en llenar el compartimiento alto A con la muestra de concreto, manteniendo la compuerta cerrada. Tras un minuto de reposo se abre la compuerta, que separa los dos compartimentos, dejando que el concreto fluya del compartimiento A al compartimiento B, pasando por la zona armada. Posteriormente se mide la altura final alcanzada por el concreto en el compartimiento B.

Los parámetros que se miden son las alturas del concreto en ambos compartimentos.

Los requisitos habituales son: que la diferencia de alturas no supere los 30mm, o que la altura del hormigón en el compartimiento B sea mayor de 300mm.

Los resultados de este ensayo propuestos por varios autores (Hayakawa 1993, Hokamura 1997, Edamatsu y Nishida 1999) y por guías para la fabricación de los CAC

(EFNARC 2002) coinciden en que la altura del concreto alcanzada en el compartimiento B debe superar los 300mm.

Parámetros de los ensayos en estado fresco (EFNARC 2002): (H2-H1) mm Rango (0 – 30)

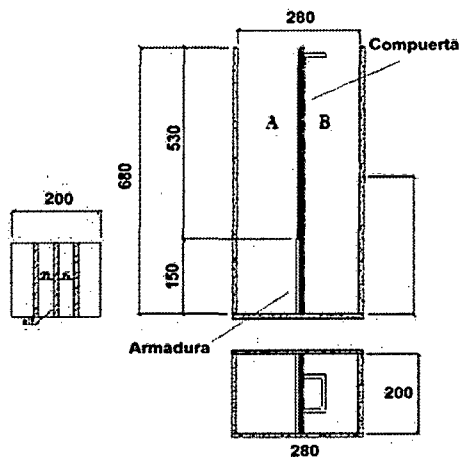


Fig. 3.5.-Dimensiones de la Caja U y ensayo (ACHE 2008)

3.3.6.1.2. Asentamiento. (NTP 339.035)

El asentamiento es un índice de la consistencia del concreto, relacionado con su estado de fluidez, como tipos de asentamientos tenemos, el seco, el convencional, el rango medio y de rango alto.

Cuadro 3.2.- Concreto según su consistencia.

| CONCRETO SEGÚN SU CONSISTENCIA | |
|--------------------------------|---------|
| TIPO DE CONCRETO | SLUMP |
| Estándar | 0" a 4" |
| Plastificante | 4" a 6" |
| Superplastificante | 6" a 8" |
| Rheoplastico | >8" |

Fuente: Libro tecnología del concreto – Enrique Rivva Lopez

El concreto deberá ser lo suficiente trabajable para que con el procedimiento de compactación seleccionado adecuadamente utilizado, se obtenga la consolidación deseada.

El exceso de fluidez puede ser indeseable debido a que puede incrementar el costo de la mezcla y reducir la calidad del concreto endurecido.

Cuando el exceso de la fluidez es el resultado de la utilización de demasiada agua en la mezcla, esta generalmente inestable y muy posible de segregar durante el proceso de consolidación. Mezclas que tienen un asentamiento altamente moderado, agregado grueso de pequeño tamaño máximo y exceso de agregado fino, son frecuentemente empleadas debido a su exceso.

3.3.6.1.3. Peso unitario. (NTP 339.046)

Se define como la densidad del concreto a la relación del volumen de sólidos al volumen total de una unidad cubica. Puede también entenderse como el porcentaje de un determinado volumen de concreto que es material sólido.

El peso unitario del concreto es el peso varillado de una muestra representativa del concreto.

Se expresa en kilos por metro cubico.

La gravedad específica y la cantidad de cada agregado deberán afectar el peso unitario resultante de la mezcla fresca.

Con agregados de alta porosidad en peso unitario del concreto puede variar dependiendo de si la absorción ha sido satisfecha por pre humedecimiento del agregado antes de la dosificación

Las variaciones en las propiedades del agregado pueden afectar el peso unitario y la densidad del concreto en forma diferente. Se puede tener modificaciones en el peso unitario del agregado las cuales incrementen o disminuyan el peso unitario del concreto sin afectar la densidad del mismo

Por tal motivo podemos decir que los concretos se clasifican en:

- **Peso unitario de los concretos livianos.**- Preparados ya sea con agregado grueso natural o artificial de baja gravedad específica puede estar en los valores de 480 a 1600kg/m³.
- **Peso unitario de los concretos normales.**- Aquellos cuyo peso unitario varía entre 1700 a 2500 kg/m³.
- **Peso unitario de los concretos pesados.**- Preparados ya sea con agregado grueso natural o artificial de alta gravedad específica, que puede elevarse hasta los 5000kg/m³.

El ensayo de peso unitario consiste en compactar una muestra de concreto en un recipiente normado, el cual posteriormente se pasa para luego divide el peso entre el volumen del recipiente.

3.3.6.2. Propiedades características del concreto en estado endurecido.

3.3.6.2.1. Resistencia a la compresión NTP (339.034)

La resistencia a la compresión del concreto es la propiedad más apreciada por los diseñadores y por los ingenieros de control de calidad. Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresa en término de la relación agua/ cemento en peso. La cual afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a un cemento adicional constituidos por la calidad de agregados que complementan la estructura del concreto.

El factor indirecto pero no es menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula mediante la siguiente formula:

$$R_c = \frac{4 * G}{\pi D^2}$$

Dónde:

R_c: Resistencia a la compresión (Kg/cm²)

G: Carga de Rotura (Kg)

D: Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)

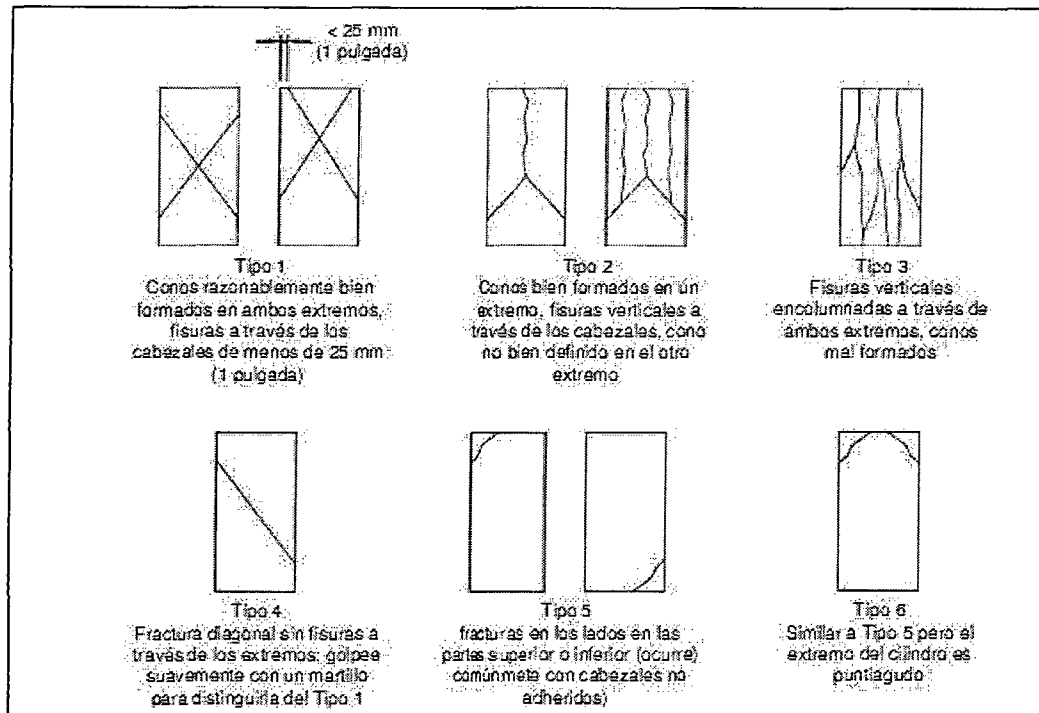


Fig.3.6.-Tipos de fractura típicos que se dan en la rotura de probetas cilíndricas ensayadas a la compresión.

3.3.6.2.2. Resistencia a la flexión (NTP 339.079)

método utilizado para realizar el ensayo de tracción por flexión que consiste básicamente en la aplicación de una carga en los tercios de la luz a una viga simplemente apoyada.

La resistencia a la tracción por flexión se calcula utilizando la fórmula indicada en la norma:

$$R = \frac{QxL}{10x bxh^2}$$

Dónde:

- R = Modulo de Rotura (MPa)
- Q = Carga registrada
- l = Luz entre apoyos (cm)
- h = Luz entre apoyos (cm)
- A = Altura media de la probeta (cm)

Recordando la teoría de la resistencia clásica se puede deducir la fórmula indicada anteriormente de la siguiente manera.

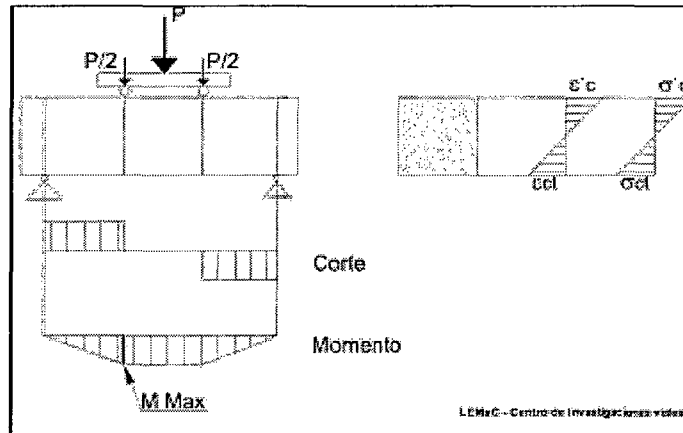


Fig.3.7.-Diagrama de esfuerzos solicitantes

$$\sigma = \frac{M}{V}$$

Dónde:

M: Momento máximo solicitante

W: Modulo Resistente

Luego:

$$\sigma = \frac{\frac{P}{2} \times \frac{P}{3}}{\frac{b \times h^2}{6}} = \frac{PxL}{b \times h^2}$$

3.3.6.2.3. Módulo elástico estático (NORMA ASTM C 469)

El módulo de elasticidad y el rango de valores de Poisson, aplicables dentro del rango de esfuerzo permitido (0- 40% de la carga ultima). Puede ser usado para el cálculo de elementos estructurales reforzados o no reforzados, para establecer la cantidad de refuerzo y el cálculo de esfuerzo máximo.

El ensayo para hallar el modulo elástico (o también conocido como módulo de yong) tiene como finalidad de obtener una relación entre esfuerzo – deformación llamado modulo elástico.

Este método provee un valor al esfuerzo máximo y un rango elástico tanto lateral como longitudinal en concretos en estado endurecido a cualquier edad y condiciones de curado.

Para esto se somete a una probeta de concreto a cargas a compresión que se va incrementado y estas generan deformaciones para rangos elásticos e inelásticos.

El valor del módulo de elasticidad del concreto depende de la edad de este aumentando con el tiempo.

El concreto posee propiedades elásticas en un cierto grado como la mayor parte de los materiales, por lo que se puede afirmar que el comportamiento del concreto no es perfectamente elástico.

La curva esfuerzo – deformaciones muestra una zona donde los esfuerzos y deformaciones son proporcionales para fines prácticos.

Este límite de proporcionalidad para el caso del módulo elástico es de 40% de la resistencia a la compresión.

Los puntos que definen la cuerda para la determinación del módulo de elasticidad son:

1. Punto de la curva esfuerzo – deformación que corresponde a una deformación unitaria de 0.5×10^{-4} y su esfuerzo correspondiente.
2. Punto de la curva esfuerzo – deformación que corresponde al% de la resistencia a la compresión y la deformación para este punto.

Donde se determina el modulo elástico.

$$MEE = \frac{E2 - E1}{(D2 - 0.5) * 10^{-4}}$$

Dónde:

E2: Esfuerzo en kg/cm² (40% de f_c)

E1: Esfuerzo cuando la deformación es de 0.5×10^{-4}

D2: Deformación unitaria correspondiente a E2

También se puede hallar el modulo elástico del material utilizando la formula según el ACI 318.

$$E_c = 4700 f_c^{1/2}$$

Dónde:

f_c = Resistencia a la compresión en MPa.

3.3.7. Curado de especímenes en el laboratorio.(NTP 339.116)

El curado de los especímenes se realizó en las instalaciones del laboratorio de la universidad Nacional de Cajamarca, Realizando pruebas a los 7, 14 y 28 días.

3.3.8. Prueba de especímenes.(ASTM C39,NTP 339.034)

Los especímenes fueron ensayados en 3 edades: 7, 14 y 28 días.

CAPITULO IV
ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

4. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

4.1. Características de los Materiales.

Cuadro 4.1.- Resumen de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

| DESCRIPCION | Unidad | AF | AG |
|---------------------------------|-----------------------|---------|---------|
| Peso Unitario Suelto | kg/m ³ | 1569.69 | 1376.53 |
| Peso Unitario Compactado | kg/m ³ | 1692.02 | 1482.61 |
| Peso específico de masa | (gr/cm ³) | 2.59 | 2.61 |
| Peso específico de masa SSS | (gr/cm ³) | 2.62 | 2.63 |
| Peso Específico Aparente | (gr/cm ³) | 2.68 | 2.69 |
| Porcentaje de absorción | % | 1.37 | 1.17 |
| Contenido de humedad | % | 3.33 | 0.78 |
| Mf | - | 2.93 | 6.94 |
| Porcentaje que pasa malla N 200 | % | 1.39 | 0.99 |
| Abrasión | % | - | 30.67 |

Las características y propiedades del agregado fino y grueso cumplen adecuadamente los límites establecidos en la norma NTP 400.037, solo en **La granulometría del agregado fino**, los resultados no se adecuaron a los husos granulométricos establecidos por la NTP 400.037. (Ver anexo A.1), Por lo que se optó por eliminar el 50 % del porcentaje retenido en la malla N° 4. Para cumplir los requerimientos de un concreto Autocompactante, **El tamaño máximo nominal** debe ser menor a 20mm, por lo que se eligió como tamaño máximo nominal de 1/2"

4.2. Diseño de Mezclas.

Para el diseño de mezclas se consideró la durabilidad y características de un concreto autocompactante.

- Las relaciones agua material cementante (a/mc) Máximas de 0.40 a 0.50, se requieren para concretos expuestos a condiciones de congelamiento y deshielo, de suelos y aguas con sulfatos para prevenir la corrosión del refuerzo típicamente son equivalentes a requerir un valor de $f'c$ de 35 a 28 MPa respectivamente (ACI 318S – 11, Requisitos de durabilidad)
- $f'cr$ son 3.5 a 5 Mpa más altas que la resistencia especificada a la compresión. (ACI 318S – 11, Requisitos de durabilidad)
- El reglamento incluye cuatro categorías de exposición que afectan los requisitos del concreto para asegurar una durabilidad adecuada. Categoría de Exposición F,S,P,C, Para el presente trabajo de investigación analizaremos la Categoría S

- Para la clase de Exposición S1, S2 Y S3 el concreto expuesto a concentraciones perjudiciales de sulfatos procedentes del suelo y el agua, deben fabricarse con cementos resistentes a los sulfatos, teniendo en consideración la máxima relación a/mc t la mínima resistencia a la compresión especificada.
- Para una clase de exposición S1(Exposición Moderada) el cemento tipo II está limitado a un contenido máximo de C3A de 8 por ciento según la ASTM C150M.Los cementos adicionados según ASTM C595M, Con la designación de MS, Son adecuados para usarse en la clase de exposición S1.
- Para la clase S2(Exposición severa) se especifica cemento tipo V con un contenido máximo de 5 por ciento de C3A
- Para Clase de Exposición S3, la alternativa propuesta en el ACI 318-05 que permitía el uso de cemento tipo V más puzolana, basada en los registros de experiencias exitosas.
- Además de la selección adecuada de materiales cementantes, son esenciales otros requisitos para lograr concretos durables expuestos a sulfatos solubles en agua, tales como: baja relación a/mc, resistencia, adecuado contenido de aire incorporado, adecuada compactación, uniformidad, recubrimiento adecuado recubrimiento del refuerzo y suficiente curado húmedo para desarrollar las propiedades potenciales del concreto.
- Se realizó diseños de prueba para analizar la relación AF/Ag llegado a seleccionar el 60% de AF y 40 % de Ag grueso del volumen de agregados.

4.2.1. Diseño de mezcla utilizando Cemento Pacasmayo Tipo V.

Cuadro 4.2.-Cantidad de Materiales por metro cubico de concreto.

| Cantidad de materiales por M3 | | | | | | |
|-------------------------------|--------|------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| Materiales | Unidad | Porcentajes de Aditivo | | | | |
| | | C. 0.00% Ad | C. 0.60 % Ad | C. 1.00% Ad. | C. 1.50% Ad | C. 2.00% Ad |
| Cemento | Kg | 575.00 | 440.00 | 440.00 | 440.00 | 440.00 |
| Agregado Fino | Kg | 903.17 | 1054.74 | 1052.09 | 1048.79 | 1045.49 |
| Agregado Grueso | kg | 591.79 | 691.10 | 689.37 | 687.21 | 685.04 |
| Agua efectiva | Lts | 215.16 | 158.67 | 158.71 | 158.77 | 158.82 |
| Aditivo | kg | 0.00 | 2.64 | 4.40 | 6.60 | 8.80 |

4.2.2. Diseño de mezcla utilizando Cemento Pacasmayo MS (MH)R.

Cuadro 4.3.- Cantidad de Materiales por metro cubico de concreto.

| Cantidad de materiales por M3 | | | | | | |
|-------------------------------|--------|------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| Materiales | Unidad | Porcentajes de Aditivo | | | | |
| | | C. 0.00% Ad | C. 0.60 % Ad | C. 1.00% Ad. | C. 1.50% Ad | C. 2.00% Ad |
| Cemento | Kg | 575.00 | 440.00 | 440.00 | 440.00 | 440.00 |
| Agregado Fino | kg | 886.88 | 1045.08 | 1042.42 | 1039.09 | 1035.76 |
| Agregado Grueso | kg | 567.82 | 669.11 | 667.41 | 665.28 | 663.15 |
| Agua efectiva | Litros | 215.37 | 158.77 | 158.81 | 158.86 | 158.92 |
| Aditivo | Kg | 0.00 | 2.64 | 4.40 | 6.60 | 8.80 |

Debido a que en la mezcla de concreto, el material más costoso es el cemento, se creyó conveniente realizar diseños con 9, 10 y 11 bolsas a fin de poder determinar la cantidad óptima más exacta, utilizando el porcentaje óptimo del aditivo.

4.2.3. Diseño de mezcla variando cantidad de cemento, utilizando Cemento Pacasmayo Tipo V

Cuadro 4.4.- Cantidad de Materiales por m3 de concreto. (Con un porcentaje óptimo de aditivo 1.3% del peso del cemento)

| Cantidad de materiales por M3 | | | | |
|-------------------------------|--------|-----------------------------|-----------|-----------|
| Materiales | Unidad | Numero de Bolsas de Cemento | | |
| | | 9bolsas | 10 bolsas | 11 bolsas |
| Cemento | Kg | 382.50 | 425.00 | 467.50 |
| Agua efectiva | Lts | 153.00 | 148.79 | 166.78 |
| Agregado Fino | Kg | 1081.47 | 1072.54 | 1022.53 |
| Agregado Grueso | kg | 715.41 | 687.63 | 655.57 |
| Aditivo | kg | 4.97 | 5.53 | 6.08 |

4.2.4. Diseño de mezcla variando cantidad de cemento, utilizando Cemento Pacasmayo MS (MH)R.

Cuadro 4.5.- Cantidad de Materiales por m³ de concreto. (Con un porcentaje óptimo de aditivo 1.4% del peso del cemento)

| Cantidad de materiales por M3 | | | | |
|--------------------------------------|---------------|------------------------------------|------------------|------------------|
| Materiales | Unidad | Numero de Bolsas de Cemento | | |
| | | 9bolsas | 10 bolsas | 11 bolsas |
| Cemento | Kg | 382.50 | 425.00 | 467.50 |
| Agua efectiva | Lts | 131.11 | 149.14 | 167.16 |
| Agregado Fino | Kg | 1106.56 | 1054.76 | 1002.96 |
| Agregado Grueso | kg | 709.44 | 676.23 | 643.03 |
| Aditivo | kg | 5.36 | 5.95 | 6.55 |

4.3. Ensayos y resultados del concreto.

4.3.1. Propiedades y características del concreto en estado fresco

4.3.1.1. Caracterización del CAC en Estado fresco.

- ✓ **Extensión de flujo y asentamiento (NTP 339.035).** Los resultados de los ensayos de extensibilidad se muestran en los cuadros.

Cuadro 4.6: Valores de consistencia para concretos Autocompactantes

| Tipo de Cemento | % Aditivo | Asentamiento (cm.) | Extensibilidad (cm) |
|----------------------------------|------------------|---------------------------|----------------------------|
| TIPO V (Pacasmayo) | 0.00% | 15.50 | - |
| | 0.60% | 19.00 | - |
| | 1.00% | 26.10 | 60 |
| | 1.50% | 26.70 | 70 |
| | 2.00% | 27.70 | 75 |
| MS (MH) R. Pacasmayo) | 0.00% | 10.50 | - |
| | 0.60% | 17.00 | - |
| | 1.00% | 24.10 | 49 |
| | 1.50% | 26.30 | 63 |
| | 2.00% | 27.10 | 72 |

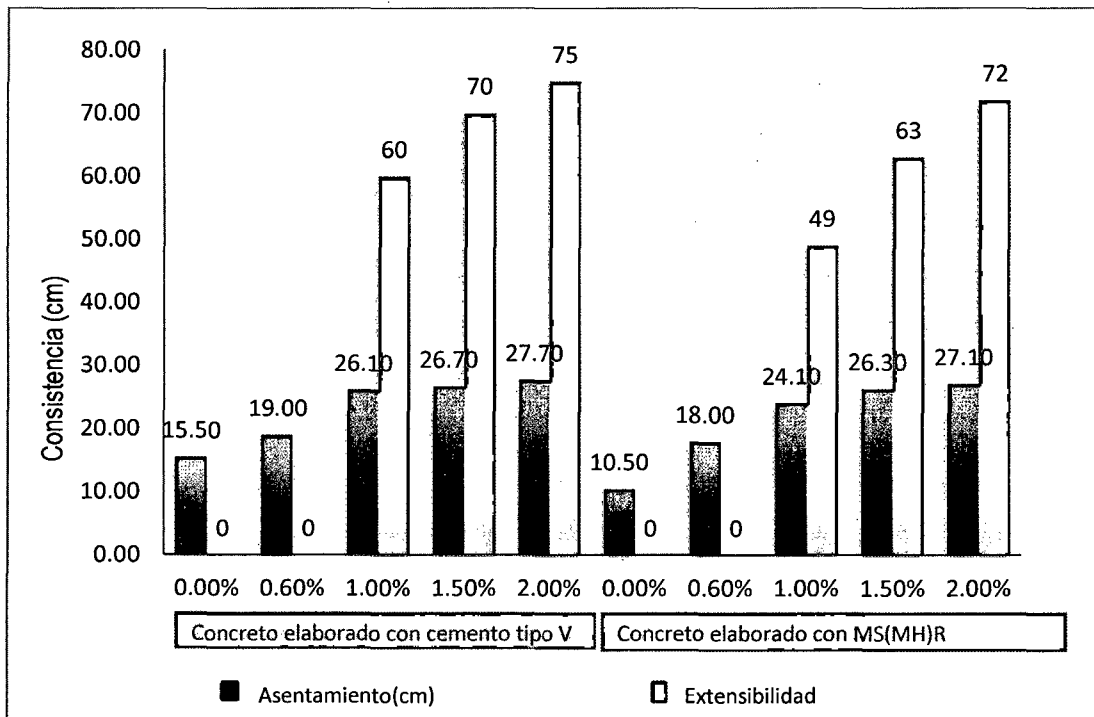


Grafico 4.1 Asentamiento y extensibilidad de las mezclas de concreto.

El diámetro de extensión de flujo para el Concreto elaborado con cemento tipo V, Se encuentra dentro de los límites establecidos en las normas UNE (55cm y 85 cm), teniendo como valor mínimo 60 cm y 75 cm como valor máximo, aumentando este en función al porcentaje de aditivo, Sin embargo el incremento de aditivo a la mezcla genera Ligera exudación y segregación en la misma. Para el concreto elaborado con cemento Pacasmayo MS(MH)R, los diámetros alcanzados son menores, cumpliendo los rangos establecidos los porcentajes de aditivo comprendido entre 1.00% y 2.00%.

Cuadro 4.7: Valores de extensibilidad variando el número de bolsas de cemento, con el porcentaje óptimo de aditivo en la mezcla del concreto.

| Tipo de Cemento | N° Bol. de Cemento | Extensibilidad (cm) |
|------------------------|--------------------|---------------------|
| TIPO V (Pacasmayo) | 9 bolsas | 62.50 |
| | 10 bolsas | 72.50 |
| | 11 bolsas | 74.00 |
| MS(MH)R (Pacasmayo) | 9 bolsas | 63.00 |
| | 10 bolsas | 73.00 |
| | 11 bolsas | 73.50 |

✓ **Ensayo de la Caja L.**

A) Concreto elaborado con Cemento Pacasmayo Tipo V

Cuadro 4.8: Parámetros de ensayo de la caja L.

| Parámetros | Porcentajes de Aditivo | | |
|-------------|------------------------|-------|--------|
| | 1.00% | 1.50% | 2.00% |
| T20(s) | 1.5 | 1.3 | 1.1 |
| T40(s) | 2.5 | 2.3 | 2.2 |
| H2/H1 (cm) | 0.85 | 0.91 | 0.80 |
| Bloqueo | No | No | Ligero |
| Segregación | No | No | Ligero |

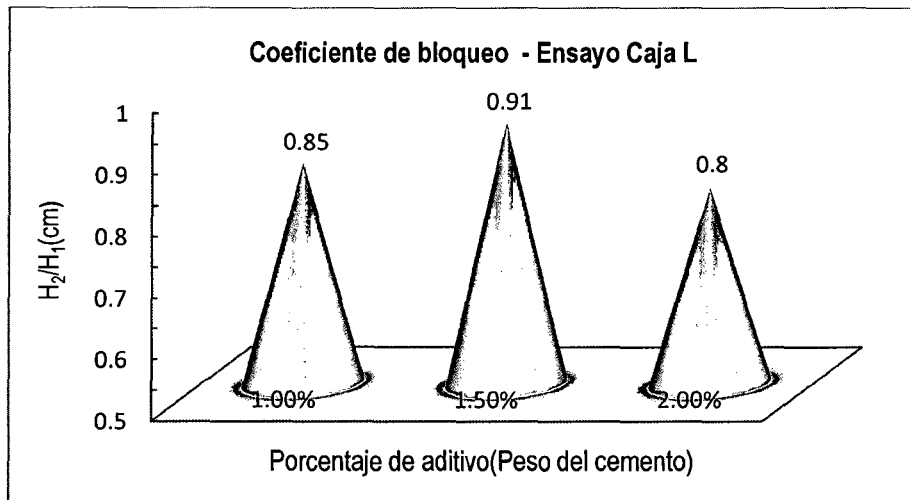


Grafico 4.2. Coeficiente de bloqueo vs % de aditivo – Ensayo Caja L

B) Concreto elaborado con Cemento Pacasmayo MS(MH)R.

Cuadro 4.9: Parámetros de ensayo de la caja L.

| Parámetros | Porcentajes de Aditivo | | |
|-------------|------------------------|-------|--------|
| | 1.00% | 1.50% | 2.00% |
| T20(s) | 1.4 | 1 | 1.2 |
| T40(s) | 2.3 | 2 | 2 |
| H2/H1 (cm) | 0.84 | 0.91 | 0.79 |
| Bloqueo | No | No | Ligero |
| Segregación | No | No | Ligero |

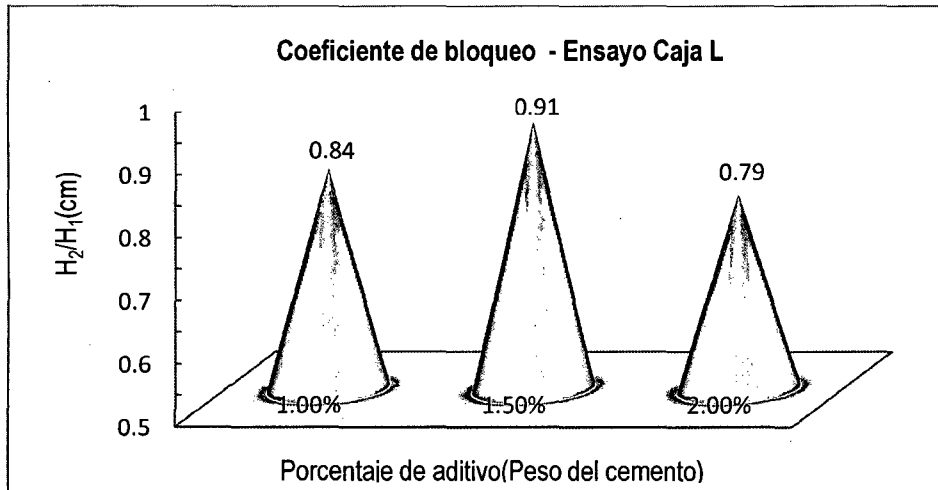


Gráfico 4.3 Coeficiente de bloqueo vs % de aditivo – Ensayo Caja L

El coeficiente de bloqueo, varía desde 0.80 a 0.91 en el Concreto elaborado con Cemento Pacasmayo tipo V y de 0.84 a 0.79 en el concreto elaborado con cemento fortimax 3, Siendo menor a medida que se incrementa el porcentaje de aditivo, debido a la segregación que presenta este.

✓ **Ensayo de Caja C.**

A) Concreto elaborado con Cemento Pacasmayo Tipo V

Cuadro 4.10: Parámetros de ensayo de la caja C.

| Parametros | Porcentajes de Aditivo | | |
|-------------|------------------------|---------|--------|
| | 1.00% | 1.50% | 2.00% |
| H1(cm) | 33.5 | 33.49 | 33.63 |
| H2(cm) | 32.9 | 33.12 | 30.9 |
| H2/H1 (cm) | 0.98 | 0.99 | 0.92 |
| H1 -H2 (cm) | 0.6 | 0.37 | 2.73 |
| Segregación | Ninguna | Ninguna | Ligero |

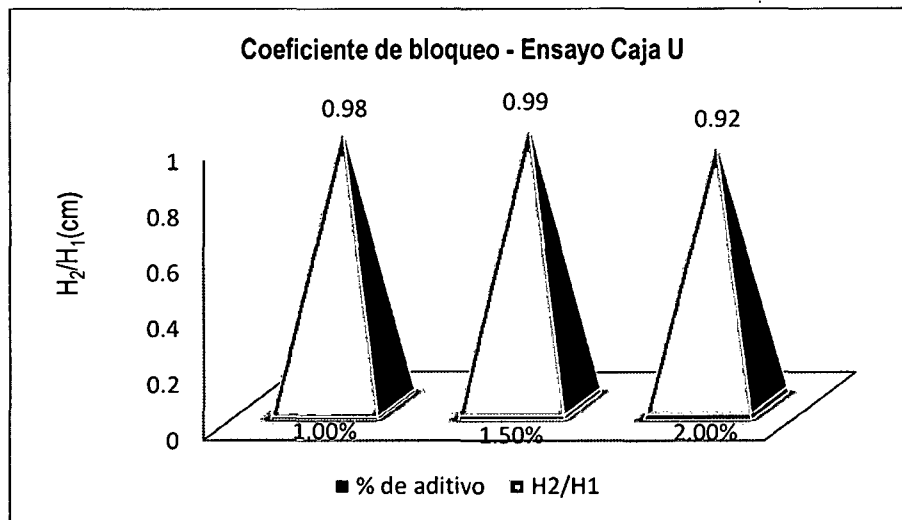


Grafico 4.4.- Coeficiente de bloqueo vs % de aditivo - Ensayo Caja U.

B) Concreto elaborado con Cemento Pacasmayo MS(MH)R.

Cuadro 4.10: Parámetros de ensayo de la caja C.

| Parametros | Porcentajes de Aditivo | | |
|-------------|------------------------|---------|--------|
| | 1.00% | 1.50% | 2.00% |
| H1(cm) | 33.63 | 33.55 | 33.69 |
| H2(cm) | 33.00 | 33.13 | 30.70 |
| H2/H1 (cm) | 0.98 | 0.99 | 0.91 |
| H1 -H2 (cm) | 0.63 | 0.42 | 2.99 |
| Segregación | Ninguna | Ninguna | Ligero |

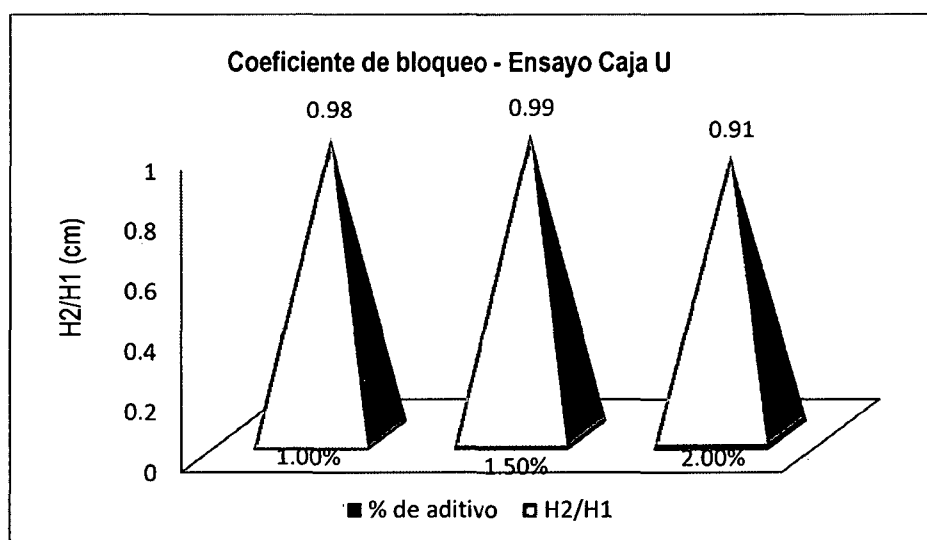


Grafico 4.5.- Coeficiente de bloqueo vs % de aditivo - Ensayo Caja U.

Los valores obtenidos para ambos tipos de cemento se encuentran dentro de los límites establecidos para ensayos de caja L, Presentado menor valor al incrementar % de aditivo (2 %)

4.3.1.2. Peso Unitario

Se determinó el peso unitario de las mezclas de concreto según la NTP 339.046. Los resultados de los ensayos a compresión se muestran en el cuadro

A) Concreto elaborado con Cemento Pacasmayo Tipo V.

Cuadro 4.11: Comparación del Peso Unitario del concreto fresco y seco

| Tipo de Concreto | Peso Unitario del Concreto Fresco | Peso Unitario del Concreto Seco |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| | kg/m ³ | kg/m ³ |
| Concreto Patrón | 2305 | 2301 |
| Rango Súper plastificante | | |
| 0.60 % Aditivo | 2319 | 2314 |
| Rango Rheoplastico | | |
| 1.00% Aditivo | 2313 | 2310 |
| 1.50 % Aditivo | 2305 | 2300 |
| 2.00% Aditivo | 2294 | 2289 |

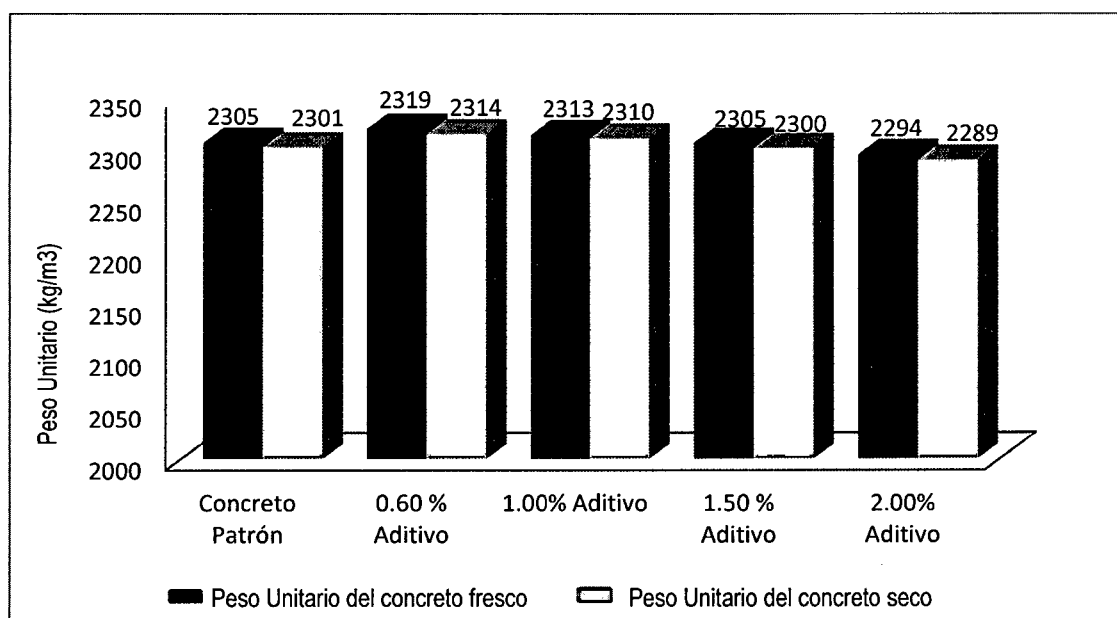


Grafico 4.6.- Comparación del Peso Unitario del concreto fresco y seco.

B) Concreto elaborado con Cemento Pacasmayo MS(MH)R.

Cuadro 4.12: Comparación del Peso Unitario del concreto fresco y seco.

| Tipo de Concreto | Peso Unitario del Concreto | Peso Unitario del Concreto |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Fresco | Seco |
| | kg/m ³ | kg/m ³ |
| Concreto Patrón | 2285 | 2281 |
| Rango Súper plastificante | | |
| 0.60 % Aditivo | 2307 | 2302 |
| Rango Rheoplastico | | |
| 1.00% Aditivo | 2298 | 2292 |
| 1.50 % Aditivo | 2287 | 2281 |
| 2.00% Aditivo | 2279 | 2273 |

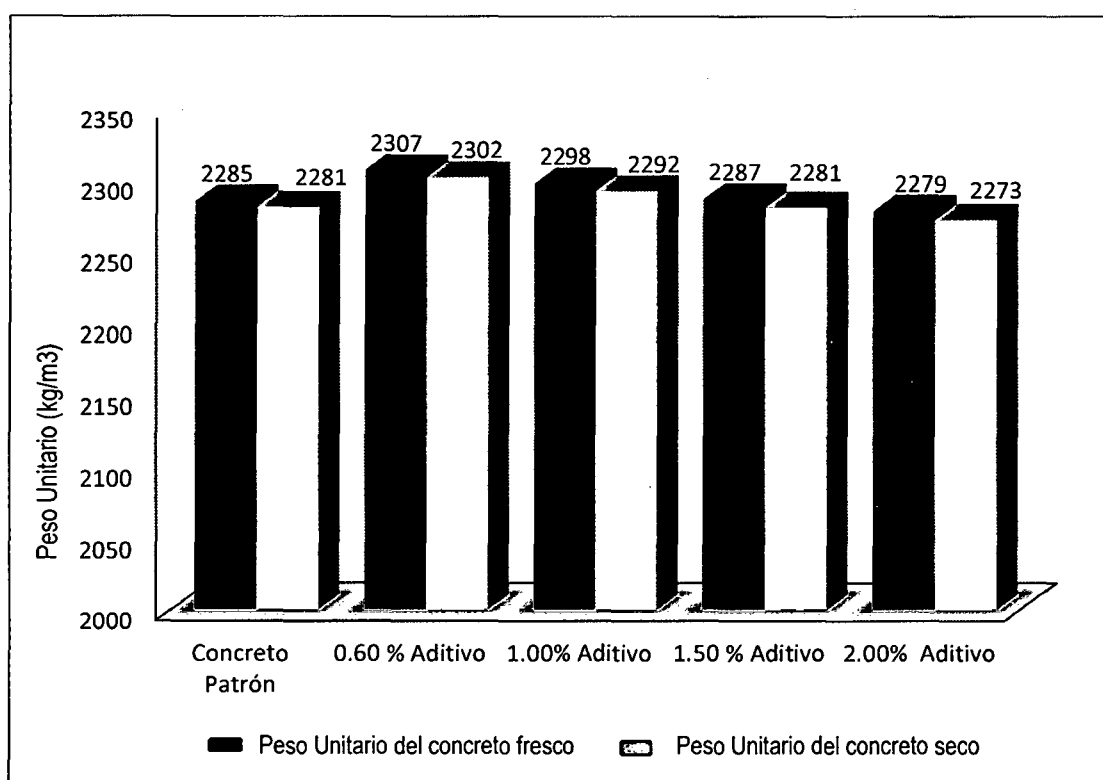


Grafico 4.7.- Comparación del Peso Unitario del concreto fresco y seco.

- El Peso Unitario del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado (ocluido) o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. Por otro lado, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta el peso unitario.

- Por lo que el concreto patrón presenta un peso unitario menor que el concreto con aditivo debido a la cantidad de cemento, agua y agregados que presenta, conforme se aumenta la dosis de aditivo, el peso unitario del concreto disminuye hasta un valor de 2294 kg/m³ (Estado fresco) para un cemento tipo V y 2279 kg/m³ para un cemento MS(MH)R. Estando en el rango de concreto normal (PUC varia de 1700 a 2500 kg/m³.)

4.3.2. Propiedades características del concreto en estado endurecido.

4.3.2.1. Resistencia a la compresión. Los ensayos a compresión se realizaron en especímenes cilíndricos, curados bajo agua y ensayados a los 7, 14, 28 días.

A) Concreto elaborado con Cemento Pacasmayo Tipo V.

Cuadro 4.13.- Resistencia a la compresión del concreto.

| Tipo de Concreto | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | |
|---------------------------|---|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| Concreto Patrón | 312 | 363 | 404 |
| Rango Súper plastificante | | | |
| 0.60 % Aditivo | 356 | 402 | 438 |
| Rango Rheoplastico | | | |
| 1.00% Aditivo | 374 | 415 | 457 |
| 1.50 % Aditivo | 376 | 429 | 464 |
| 2.00% Aditivo | 319 | 340 | 377 |

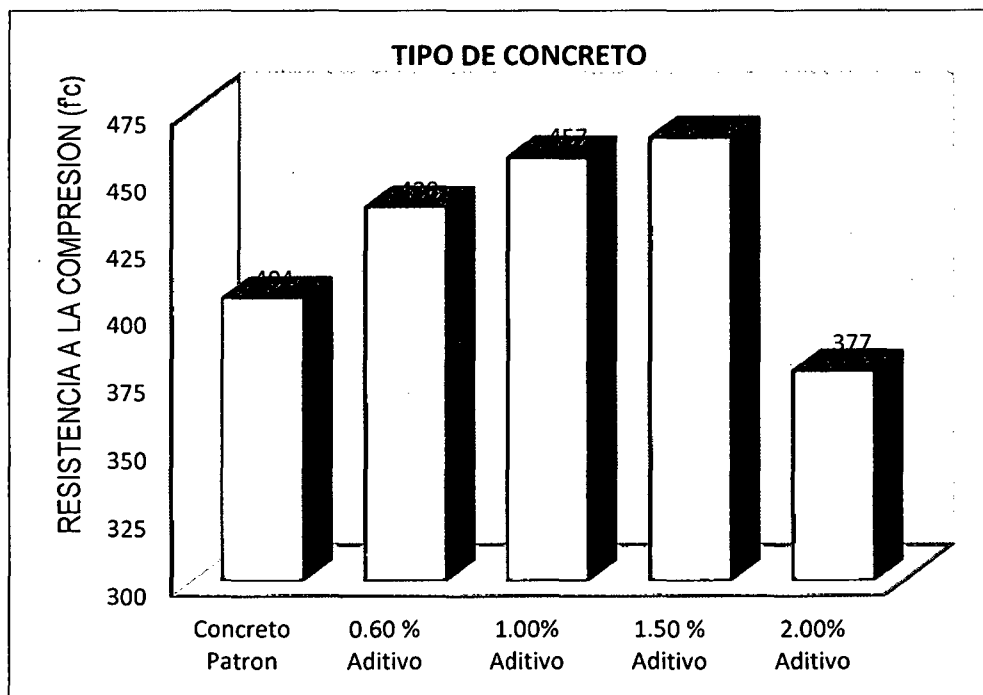


Grafico 4.8.- Porcentaje de aditivo Vs Resistencia a la compresión.

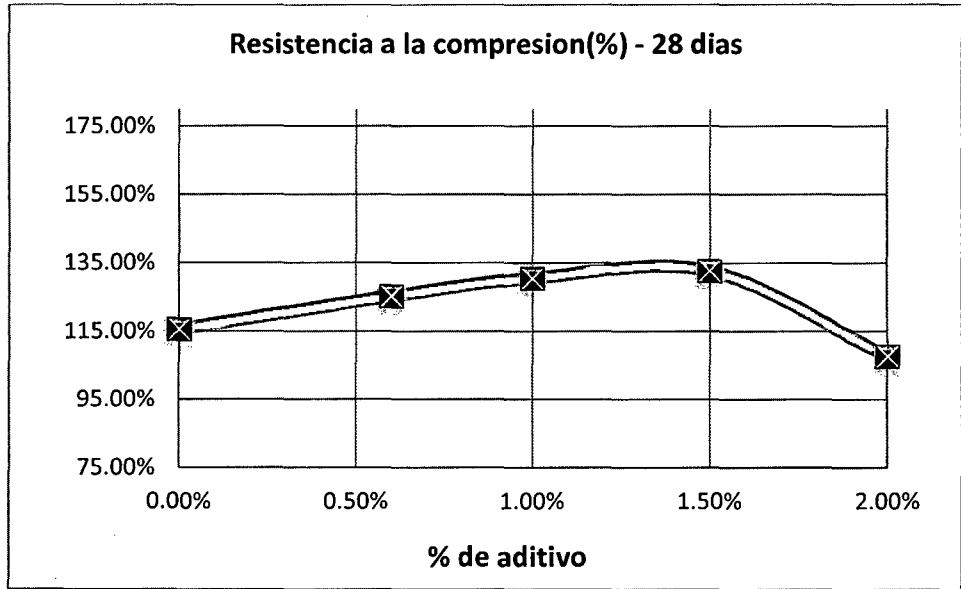


Grafico 4.9.- Determinación del % optimo del concreto.

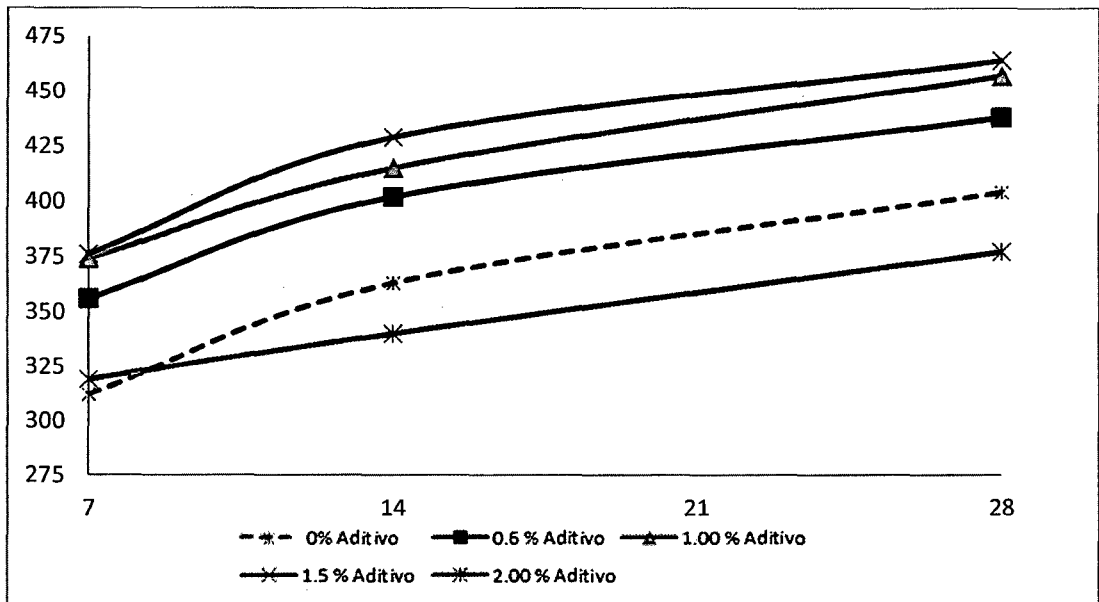


Grafico 4.10.- Resistencia a la compresión a través del tiempo.

B) Concreto Elaborado con Cemento Pacasmayo MS(MH)R.

Cuadro 4.14.- Resistencia a la compresión del concreto.

| Tipo de Concreto | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | |
|---------------------------|---|---------|---------|
| | 7 días | 14 días | 28 días |
| Concreto Patrón | 291 | 348 | 439 |
| Rango Súper plastificante | | | |
| 0.60 % Aditivo | 296 | 362 | 420 |
| Rango Rheoplastico | | | |
| 1.00% Aditivo | 357 | 401 | 454 |
| 1.50 % Aditivo | 365 | 423 | 471 |
| 2.00% Aditivo | 344 | 409 | 437 |

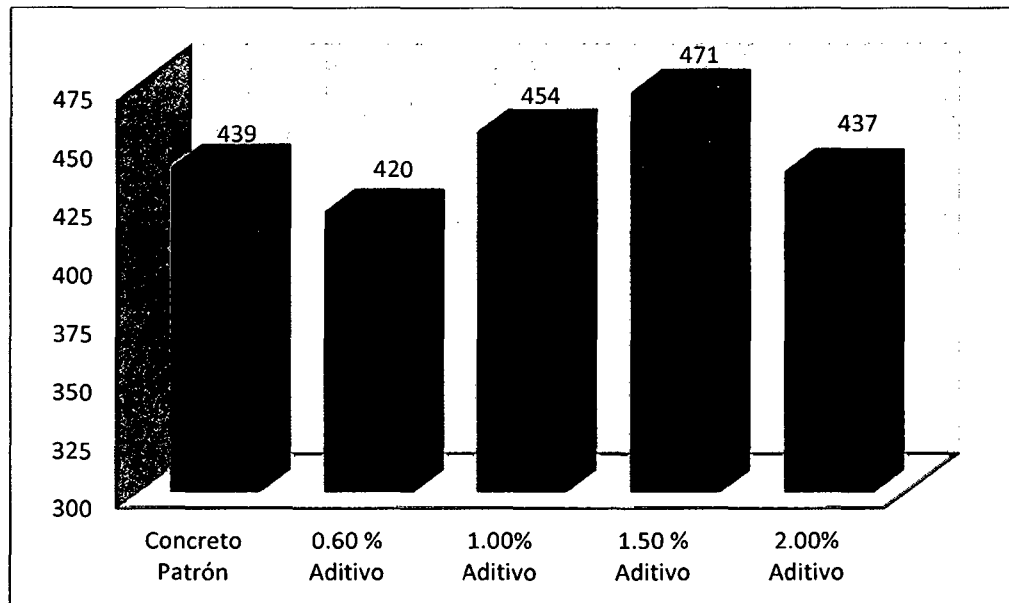


Grafico 4.11.- Porcentaje de aditivo Vs Resistencia a la compresión.

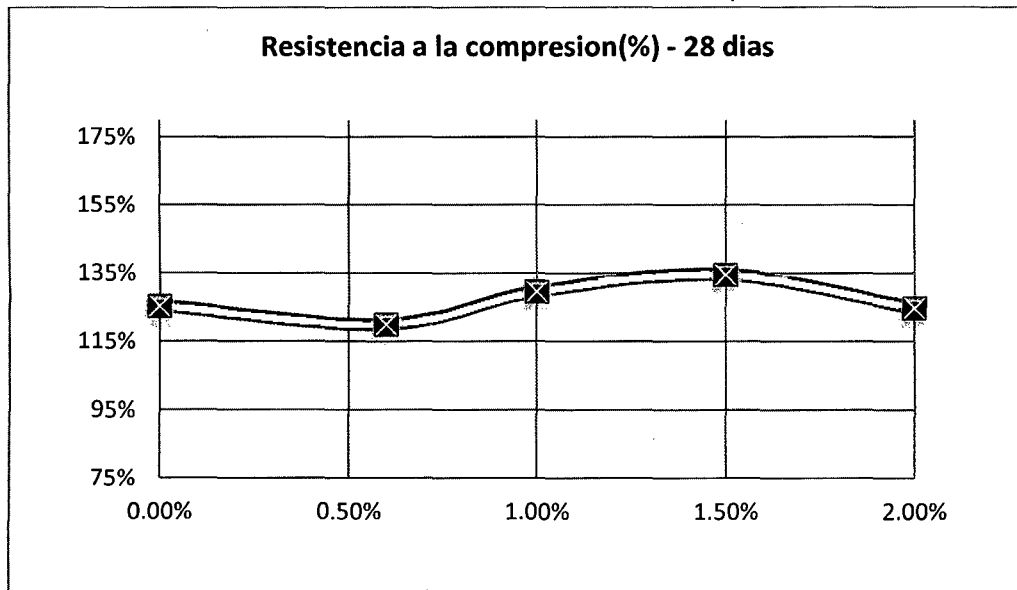


Grafico 4.12.- Determinación del % optimo del concreto.

La resistencia a compresión para cemento tipo V, incrementa a medida que se incrementa el porcentaje de aditivo hasta un 1.5 % del peso del cemento, disminuyendo para el 2 % y porcentajes mayores, para el cemento MS(MH)R, ocurre lo mismo.

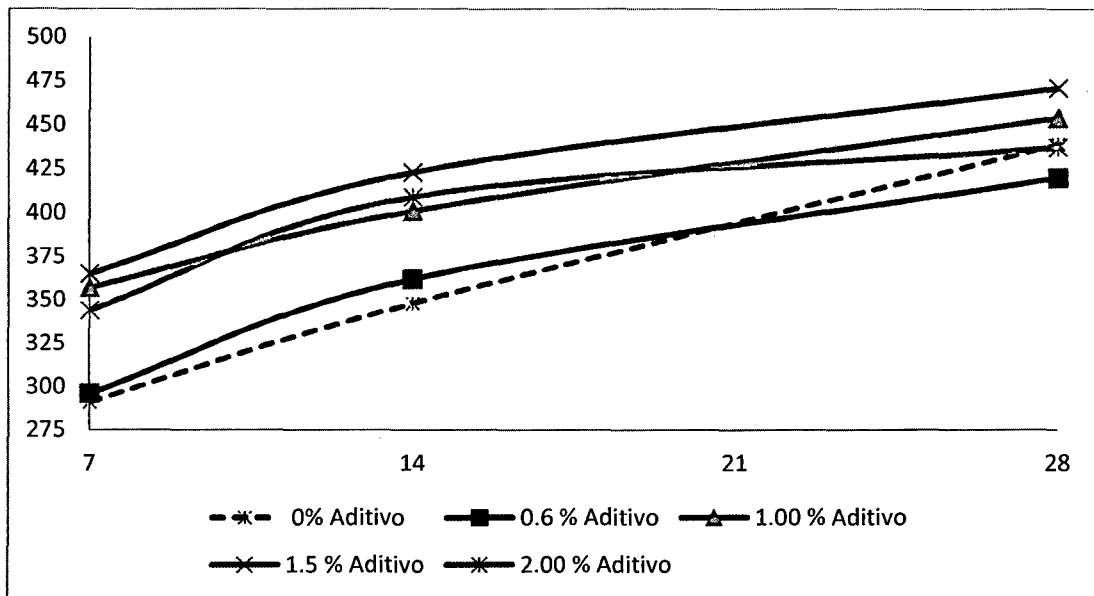


Grafico 4.13.- Resistencia a la compresión a través del tiempo.

Cuadro 4.15.- Resistencia a la compresión del concreto, Variando el número de bolsas de cemento.

| Tipo de cemento | N de bolsas | Resistencia a 28 días |
|-----------------|-------------|-----------------------|
| Cemento Tipo V | 9 Bolsas | 369.23 |
| | 10 Bolsas | 428.6 |
| | 11 Bolsas | 474.7 |
| Cemento MS(MH)R | 9 Bolsas | 382.4 |
| | 10 Bolsas | 438.5 |
| | 11 Bolsas | 481.3 |

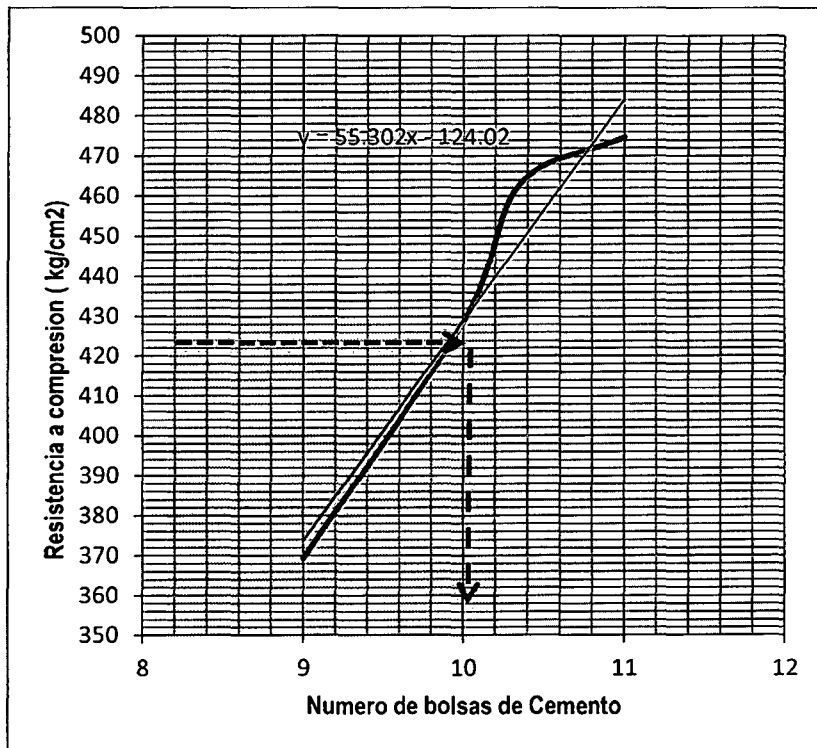


Gráfico 4.14.- Resistencia a compresión vs N° Bolsas de Cemento Tipo V

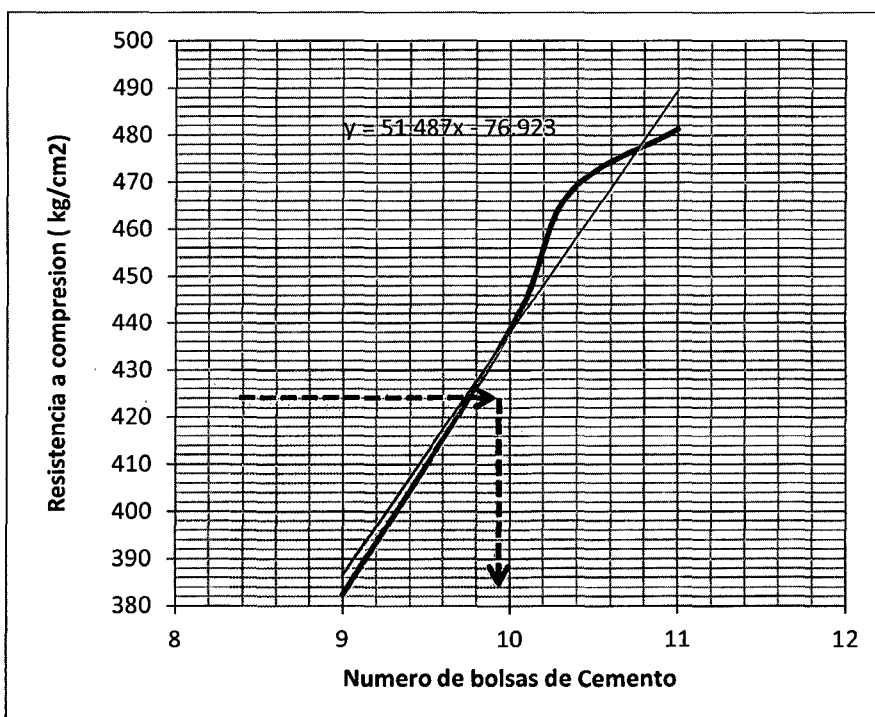


Gráfico 4.15.- Resistencia a compresión vs N° Bolsas de Cemento MS(MH)R.

4.3.2.2. Resistencia a la flexión.

Cuadro 4.16.- Resistencia a flexión

| Tipo de Cemento | % de Aditivo | Resistencia Kg/cm2 | Incremento en % |
|-----------------|--------------|--------------------|-----------------|
| Tipo V | 0.00% | 216.72 | 100.00% |
| | 2.00% | 227.57 | 105.00% |
| MS(MH)R | 0.00% | 216.33 | 100.00% |
| | 2.00% | 234.99 | 108.63% |

4.3.2.3. Modulo elástico.

A) Concreto elaborado con Cemento Pacasmayo Tipo V.

Cuadro 4.17.- Valores del módulo de elasticidad (kg/cm²)

| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | | | |
|---|-------------|--------|---------|---------|
| Tipo de Concreto | | 7 días | 14 días | 28 días |
| Concreto Patrón | Norma E.060 | 265075 | 282607 | 300817 |
| | Gráfica | 257879 | 273265 | 295271 |
| Concreto con 0.60 % aditivo | Norma E.060 | 283069 | 289144 | 308863 |
| | Gráfica | 272954 | 277312 | 301765 |
| Concreto con 1.00 % aditivo | Norma E.060 | 290479 | 305593 | 320115 |
| | Gráfica | 282623 | 294283 | 312323 |
| Concreto con 1.50 % aditivo | Norma E.060 | 291004 | 302818 | 324575 |
| | Gráfica | 282913 | 296843 | 311586 |
| Concreto con 2.0% aditivo | Norma E.060 | 267808 | 278658 | 292435 |
| | Gráfica | 255379 | 265318 | 287460 |

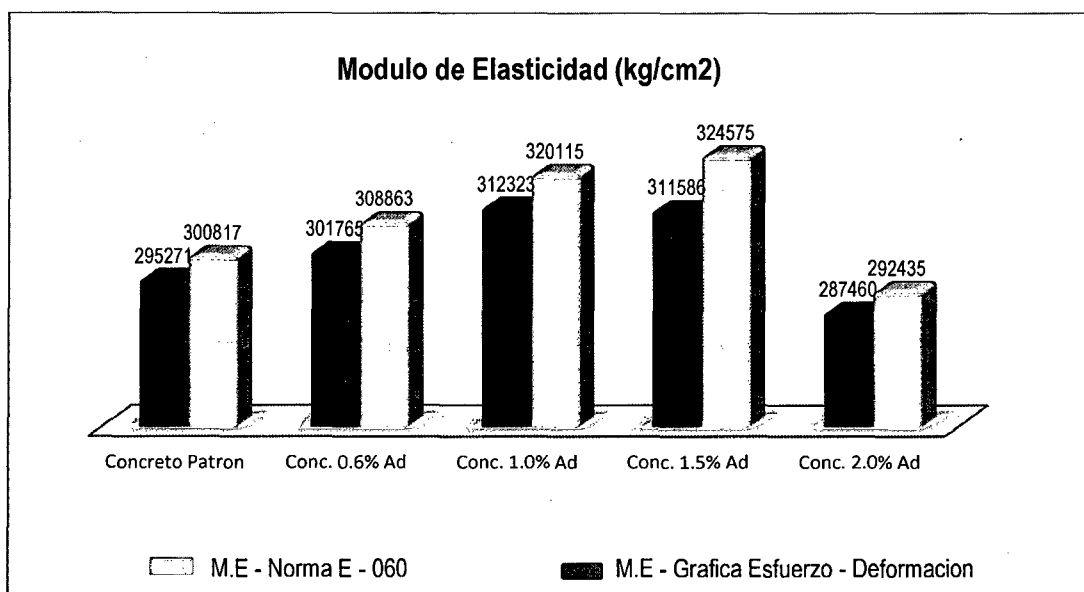


Grafico 4.16.- comparación del módulo elástico Norma E -060 y grafica esfuerzo deformación.

B) Concreto elaborado con Cemento MS(MH)R.

Cuadro 4.18.- Valores del módulo de elasticidad (kg/cm²)

| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | | | |
|---|-------------|--------|---------|---------|
| Tipo de Concreto | | 7 días | 14 días | 28 días |
| Concreto Patron | Norma E.060 | 255664 | 279978 | 314115 |
| | Gráfica | 244539 | 268219 | 300228 |
| Concreto con 0.60 % aditivo | Norma E.060 | 26903 | 285551 | 312222 |
| | Gráfica | 251692 | 280798 | 304354 |
| Concreto con 1.00 % aditivo | Norma E.060 | 283357 | 300456 | 319740 |
| | Gráfica | 276887 | 298434 | 305389 |
| Concreto con 1.50 % aditivo | Norma E.060 | 286756 | 308406 | 325574 |
| | Gráfica | 280641 | 295587 | 308178 |
| Concreto con 2.00% aditivo | Norma E.060 | 276097 | 303261 | 313591 |
| | Gráfica | 262596 | 291769 | 308657 |

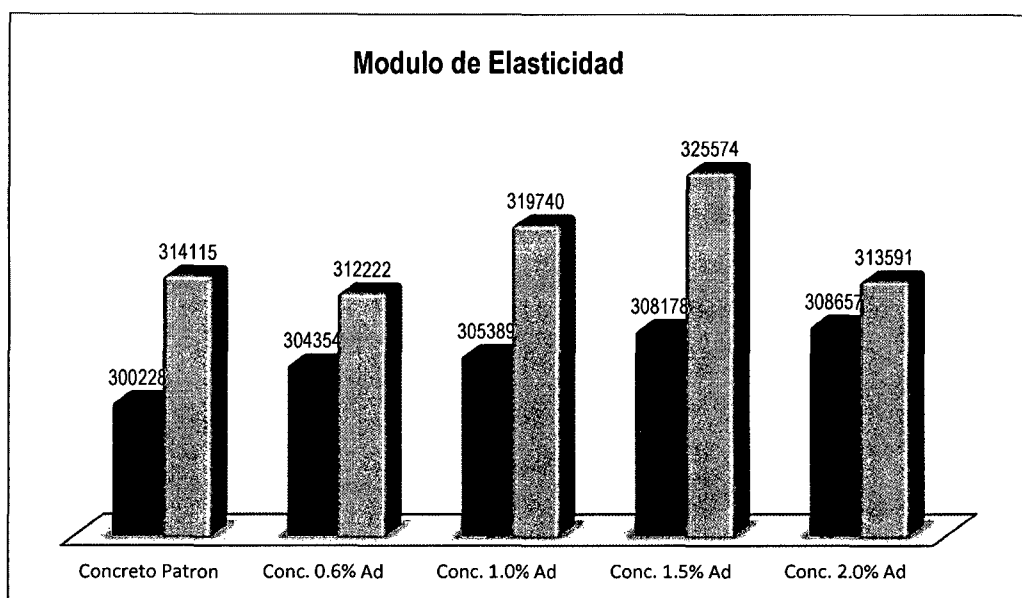


Grafico 4.17.- comparación del módulo elástico Norma E -060 y grafica esfuerzo deformación.

El Modulo elástico del concreto varía en función a la resistencia a mayor resistencia, el modulo elástico es mayor.

5.-ANÁLISIS DE COSTOS

5.1. Introducción

Las variables de mayor repercusión en el balance global de los costes de construcción son fundamentalmente el coste de materiales y el coste de mano de obra. Ambas variables han experimentado incrementos en los últimos años, aumentando por lo tanto el coste global de ejecución. Proporcionalmente el coste de mano de obra ha sido el que ha presentado el mayor incremento, con la reflexión añadida que además la calificación y el nivel de los operarios disponibles en general han decrecido.

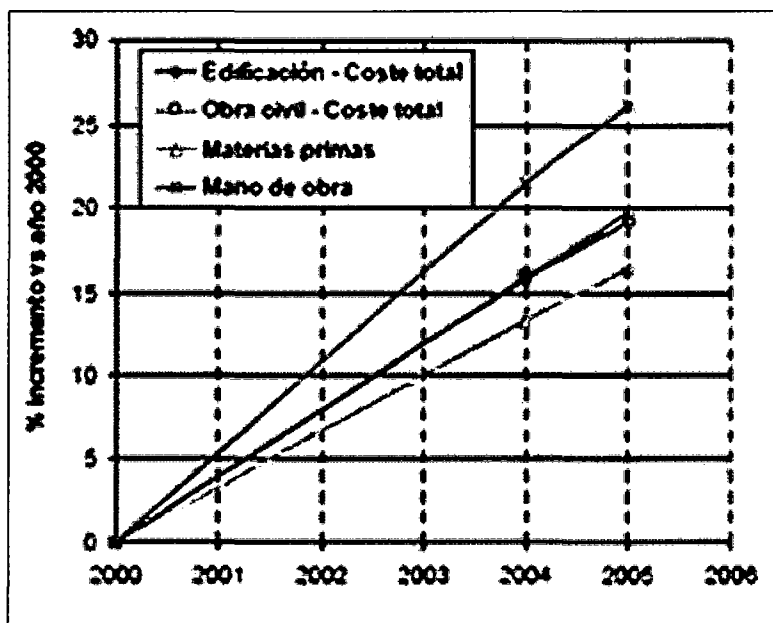


Fig. 5.1.-Indice de costes de construcción de C.A de Euskadi(EUSTAT Dic 05)

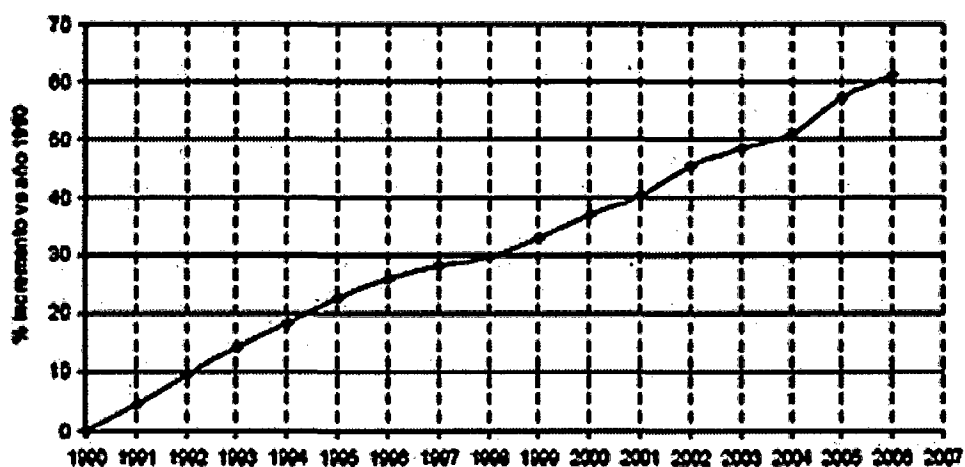


Fig. 5.2.-Evolucion del coste de mano de obra en construcción(INE)

El progresivo incremento de costes de mano de obra y la menor calificación de los operarios contrasta con el escenario actual en que cada vez aumentan más las exigencias en cuanto a calidad y durabilidad de las estructuras.

La puesta en obra es un paso crucial en la construcción de estructuras de hormigón para garantizar su funcionalidad y tiempo de servicio: factores como la correcta compactación del hormigón, el relleno eficiente de las armaduras y el curado afectan de forma muy trascendente sobre la calidad final de la estructura de hormigón.

Aun en la actualidad, la mayor contribución en la estadística de fallos en estructuras corresponde a la puesta en obra (por encima de los fallos derivados de materiales y proyecto).

5.2. COSTOS EN LA CONSTRUCCION

5.2.1. COSTO DE MANO DE OBRA EN CONCRETOS NORMALES VS CAC.

El punto de inflexión para la consolidación completa del HAC en nuestro mercado llegará cuando este novedoso hormigón se utilice en lo que definimos como aplicaciones convencionales (edificación en general).

El CAC destinado para aplicaciones convencionales, además de la mejora del ambiente de trabajo y de la durabilidad de la estructura, repercute en un ahorro económico debido a la trascendente reducción del tiempo de colocación (incremento de la capacidad productiva) y a la menor implicación de mano de obra.

Su uso creciente confirma su viabilidad y rentabilidad tanto en aplicaciones complejas como en la construcción de estructuras convencionales.

Una de las más exitosas aplicaciones para el HAC ha resultado ser la ejecución de forjados y losas. Especialmente para la ejecución de forjados en edificación, por el hecho de representar una aplicación muy frecuente, el HAC se reafirma como un hormigón de uso cotidiano, donde a pesar de su superior coste, ofrece suficientes argumentos y ventajas para resultar en el global un hormigón mucho más económico que el convencional.

Las principales ventajas en esta aplicación son las siguientes:

- ✦ Menor implicación de mano de obra para la colocación del hormigón.
- ✦ Aplicación mucho más rápida, incluso con menos mano de obra.
- ✦ Mejor calidad de la estructura final.
- ✦ Mayor resistencia mecánica.
- ✦ Eliminación de ruidos y mejorar del entorno de trabajo

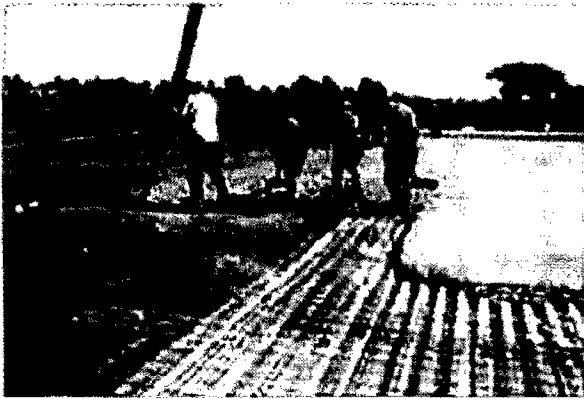


Fig. 5.3 Hormigonado de un forjado con un hormigón convencional.



Fig. 5.4.- Hormigonado de un forjado con un hormigón Autocompactante

Para el HAC destinado a forjados o losas no son necesarias atenciones especiales para el diseño de éste. Que cumpla con las mínimas condiciones de autocompactabilidad (Slump-flow, L-Box) es suficiente para obtener un resultado satisfactorio.

Sin embargo, si deberá prestarse atención especial con la estanqueidad del encofrado para evitar fugas de pasta de cemento y en la estabilidad y resistencia de éste, ya que la presión ejercida por el HAC sobre el encofrado es superior a la del hormigón convencional.

La gran ventaja del uso del HAC en la ejecución de forjados recae en el significativo ahorro de operarios y a su vez en la reducción del tiempo de aplicación (ver Cuadro 5.1). La reducción en el tiempo de aplicación dependerá del método de hormigonado seguido, oscilando aproximadamente entre el 30% y el 40% menos del tiempo necesario con hormigón convencional.

Mientras la aplicación con bomba de hormigón produce los mejores rendimientos, los ahorros de tiempo respecto al sistema tradicional son mayores cuando se hormigona mediante cubilote.

Un equipo de dos operarios es suficiente para completar la ejecución de un forjado con HAC: uno encargado del vertido del hormigón y otro ayudando en el extendido. Para las operaciones de alisado no es necesaria la regla vibrante.

Cuadro 5.1.-Tiempo e implicación del personal para un forjado de 40 m³

| | Vertido en cubilote de 1m ³ | | Vertido en Bomba | |
|----------------------------|--|-------------|-----------------------|-------------|
| | Hormigón Convencional | CAC | Hormigón Convencional | CAC |
| Personal implicado | 5 Operarios | 2 Operarios | 5 Operarios | 2 Operarios |
| Tiempo de ejecucion | 3.3 horas | 2 horas | 2.2 horas | 1.3 horas |

Aplicando unos ligeros toques con una barra horizontal en la superficie del hormigón extendido se consigue hundir el árido grueso y obtener una superficie completamente lisa. En el caso del vertido del hormigón mediante cubilote, para aumentar al máximo el rendimiento productivo, esta operación debería realizarse mientras se está rellenando de nuevo el cubilote de hormigón.

Al igual que con el hormigón convencional, en estructuras de elevada relación superficie/volumen el curado es sumamente importante para minimizar la retracción del hormigón, especialmente ante condiciones adversas (calor, viento, baja humedad)

5.2.2. COSTOS DE MATERIALES

El análisis de los diseños de mezcla se realizó para 1m³ de concreto teniendo en cuenta el costo de los insumos, los materiales empleados para cada diseño son:

- Agregado fino: Cantera " Aguilar"
- Agregado Grueso : Cantera Aguilar
- Cemento Pacasmayo tipo V
- Cemento Pacasmayo MS(MH)R
- Aditivo superplastificante SIKA VISCOCRETE 3330.
- Agua.

5.2.2.1. COSTOS DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO PACASMAYO TIPO V

✦ Cuadro 5.2.-Costos del concreto patrón por m3 (0% de aditivo)

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U (S/.) | Parcial |
|----------------------------|------|----------|-----------|---------------|
| Cemento | Bls | 13.53 | 28.90 | 391.00 |
| Agua Potable | m3 | 0.21 | 2.00 | 0.42 |
| Agregado Fino | m3 | 0.61 | 60.00 | 36.50 |
| Agregado Grueso | m3 | 0.37 | 60.00 | 22.47 |
| Aditivo Superplastificante | lts | 0.00 | 20.00 | 0.00 |
| TOTAL(S/.) | | | | 450.39 |

✦ Cuadro 5.3.-Costos del concreto por m3 (0.6 % de aditivo)

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U (S/.) | Parcial |
|----------------------------|------|----------|-----------|---------------|
| Cemento | Bls | 10.35 | 28.90 | 299.20 |
| Agua Potable | m3 | 0.15 | 2.00 | 0.31 |
| Agregado Fino | m3 | 0.71 | 60.00 | 42.63 |
| Agregado Grueso | m3 | 0.44 | 60.00 | 26.24 |
| Aditivo Superplastificante | lts | 2.64 | 20.00 | 52.80 |
| TOTAL(S/.) | | | | 421.18 |

✦ Cuadro 5.4.-Costos del concreto por m3 (1.0% de aditivo)

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U (S/.) | Parcial |
|----------------------------|------|----------|-----------|---------------|
| Cemento | Bls | 10.35 | 28.90 | 299.20 |
| Agua Potable | m3 | 0.15 | 2.00 | 0.31 |
| Agregado Fino | m3 | 0.71 | 60.00 | 42.52 |
| Agregado Grueso | m3 | 0.44 | 60.00 | 26.18 |
| Aditivo Superplastificante | lts | 4.40 | 20.00 | 88.00 |
| TOTAL(S/.) | | | | 456.21 |

✦ **Cuadro 5.5.-Costos del concreto por m3 (1.5% de aditivo)**

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U (S/.) | Parcial |
|----------------------------|------|----------|-----------|---------------|
| Cemento | Bls | 10.35 | 28.90 | 299.20 |
| Agua Potable | m3 | 0.15 | 2.00 | 0.31 |
| Agregado Fino | m3 | 0.71 | 60.00 | 42.39 |
| Agregado Grueso | m3 | 0.43 | 60.00 | 26.10 |
| Aditivo Superplastificante | lts | 6.60 | 20.00 | 132.00 |
| TOTAL(S/.) | | | | 499.99 |

✦ **Cuadro 5.6.-Costos del concreto por m3 (2.0% de aditivo)**

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U (S/.) | Parcial |
|----------------------------|------|----------|-----------|---------------|
| Cemento | Bls | 10.35 | 28.90 | 299.20 |
| Agua Potable | m3 | 0.15 | 2.00 | 0.31 |
| Agregado Fino | m3 | 0.70 | 60.00 | 42.26 |
| Agregado Grueso | m3 | 0.43 | 60.00 | 26.01 |
| Aditivo Superplastificante | lts | 8.80 | 20.00 | 176.00 |
| TOTAL(S/.) | | | | 543.78 |

✦ **Cuadro 5.7.-Costos del concreto por m3 (1.3 % porcentaje optimo)**

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U (S/.) | Parcial |
|----------------------------|------|----------|-----------|---------------|
| Cemento | Bls | 10.35 | 28.90 | 299.20 |
| Agua Potable | m3 | 0.15 | 2.00 | 0.31 |
| Agregado Fino | m3 | 0.71 | 60.00 | 42.44 |
| Agregado Grueso | m3 | 0.44 | 60.00 | 26.13 |
| Aditivo Superplastificante | lts | 5.72 | 20.00 | 114.40 |
| TOTAL(S/.) | | | | 482.48 |

✦ Cuadro 5.8.- Resumen de costos de materiales por M3

| Tipo de concreto | Costos Por m3 (S/.) | Incremento de costo (S/.) | % |
|----------------------------------|---------------------|---------------------------|----------------|
| 0.00 % Aditivo | 450.39 | 0.00 | 100.00% |
| 0.60 % Aditivo | 421.18 | -29.21 | 93.51% |
| 1.00 % Aditivo | 456.21 | 5.82 | 101.29% |
| 1.3 % (Porcentaje Optimo) | 482.48 | 32.09 | 107.12% |
| 1.50 % Aditivo | 499.99 | 49.60 | 111.01% |
| 2.00 % Aditivo | 543.78 | 93.39 | 120.74% |

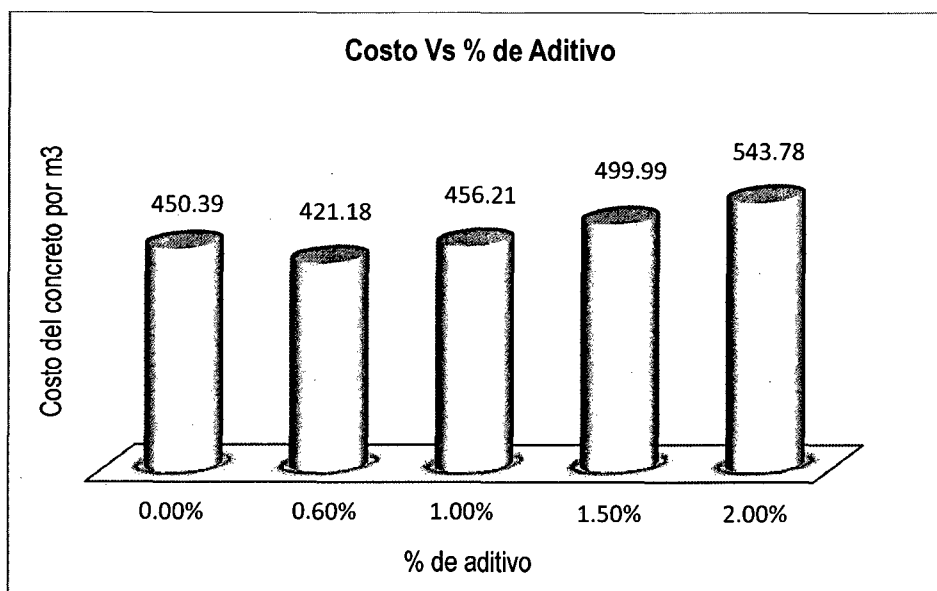


Gráfico 5.1.- Comparación costos de acuerdo a los porcentajes de aditivo.

- **Generación para la curva resistencia costo para los concretos autocompactantes y concretos patrones.**

Con los datos obtenidos en los cuadros de costos se traza la curva – resistencia costo de los concretos autocompactantes y concretos patrones desarrollados en esta tesis (Ver gráfico 5.2)

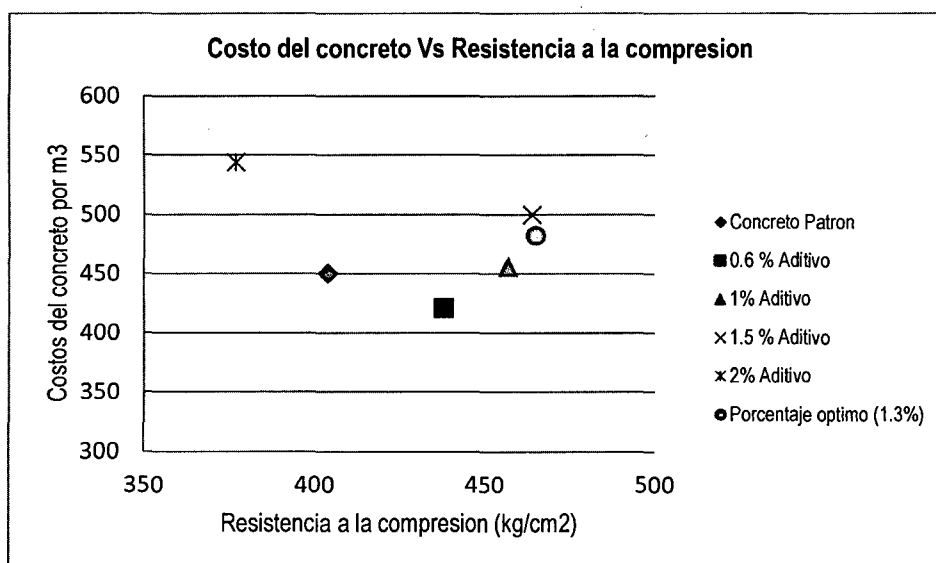


Gráfico 5.2.- Comparación costos del concreto Vs Resistencia a compresión.

5.2.2.2. COSTOS DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO PACASMAYO MS(MH)R.

✦ Cuadro 5.9.-Costos del concreto patrón por m3 (0% de aditivo)

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U (S/.) | Parcial |
|----------------------------|------|----------|-----------|---------------|
| Cemento | Bls | 13.53 | 23.00 | 311.18 |
| Agua Potable | m3 | 0.21 | 2.00 | 0.42 |
| Agregado Fino | m3 | 0.59 | 60.00 | 35.57 |
| Agregado Grueso | m3 | 0.36 | 60.00 | 21.90 |
| Aditivo Superplastificante | lts | 0.00 | 20.00 | 0.00 |
| TOTAL(S/.) | | | | 369.07 |

✦ Cuadro 5.10.-Costos del concreto por m3 (0.6 % de aditivo)

| Descripción | Und. | Cantidad | P.U (S/.) | Parcial |
|----------------------------|------|----------|-----------|---------------|
| Cemento | Bls | 10.35 | 23.00 | 238.12 |
| Agua Potable | m3 | 0.15 | 2.00 | 0.31 |
| Agregado Fino | m3 | 0.70 | 60.00 | 41.91 |
| Agregado Grueso | m3 | 0.43 | 60.00 | 25.80 |
| Aditivo Superplastificante | lts | 2.64 | 20.00 | 52.80 |
| TOTAL(S/.) | | | | 358.94 |

✦ Cuadro 5.11.-Costos del concreto por m3 (1.0 % de aditivo)

| Descripcion | Und. | Cantidad | P.U (S/.) | Parcial |
|----------------------------|------|----------|-----------|---------------|
| Cemento | Bls | 10.35 | 23.00 | 238.12 |
| Agua Potable | m3 | 0.15 | 2.00 | 0.31 |
| Agregado Fino | m3 | 0.70 | 60.00 | 41.81 |
| Agregado Grueso | m3 | 0.43 | 60.00 | 25.74 |
| Aditivo Superplastificante | lts | 4.40 | 20.00 | 88.00 |
| TOTAL(S/.) | | | | 393.97 |

✦ **Cuadro 5.12.-Costos del concreto por m3 (1.5 % de aditivo)**

| Descripcion | Und. | Cantidad | P.U (S/.) | Parcial |
|----------------------------|------|----------|-----------|---------------|
| Cemento | Bls | 10.35 | 23.00 | 238.12 |
| Agua Potable | m3 | 0.15 | 2.00 | 0.31 |
| Agregado Fino | m3 | 0.69 | 60.00 | 41.67 |
| Agregado Grueso | m3 | 0.43 | 60.00 | 25.66 |
| Aditivo Superplastificante | lts | 6.60 | 20.00 | 132.00 |
| TOTAL(S/.) | | | | 437.76 |

✦ **Cuadro 5.13.-Costos del concreto por m3 (2.0 % de aditivo)**

| Descripcion | Und. | Cantidad | P.U (S/.) | Parcial |
|----------------------------|------|----------|-----------|---------------|
| Cemento | Bls | 10.35 | 23.00 | 238.12 |
| Agua Potable | m3 | 0.15 | 2.00 | 0.31 |
| Agregado Fino | m3 | 0.69 | 60.00 | 41.54 |
| Agregado Grueso | m3 | 0.43 | 60.00 | 25.57 |
| Aditivo Superplastificante | lts | 8.80 | 20.00 | 176.00 |
| TOTAL(S/.) | | | | 481.54 |

✦ Cuadro 5.14.-Costos del concreto por m3 (% optimo 1.4 %)

| Descripcion | Und. | Cantidad | P.U (S/.) | Parcial |
|----------------------------|------|----------|-----------|---------------|
| Cemento | Bls | 10.35 | 23.00 | 238.12 |
| Agua Potable | m3 | 0.15 | 2.00 | 0.31 |
| Agregado Fino | m3 | 0.70 | 60.00 | 41.70 |
| Agregado Grueso | m3 | 0.43 | 60.00 | 25.67 |
| Aditivo Superplastificante | lts | 6.16 | 20.00 | 123.20 |
| TOTAL(S/.) | | | | 429.00 |

✦ Cuadro 5.15.-Resumen de costos de materiales por M3

| Tipo de concreto | Costos Por m3 (S/.) | Incremento de costo (S/.) | % |
|----------------------------------|---------------------|---------------------------|----------------|
| 0.00 % Aditivo | 369.07 | 0.00 | 100.00% |
| 0.60 % Aditivo | 358.94 | -10.13 | 97.26% |
| 1.00 % Aditivo | 393.97 | 24.90 | 106.75% |
| 1.4 % (Porcentaje Optimo) | 429.00 | 59.93 | 116.24% |
| 1.50 % Aditivo | 437.76 | 68.69 | 118.61% |
| 2.00 % Aditivo | 481.54 | 112.47 | 130.47% |

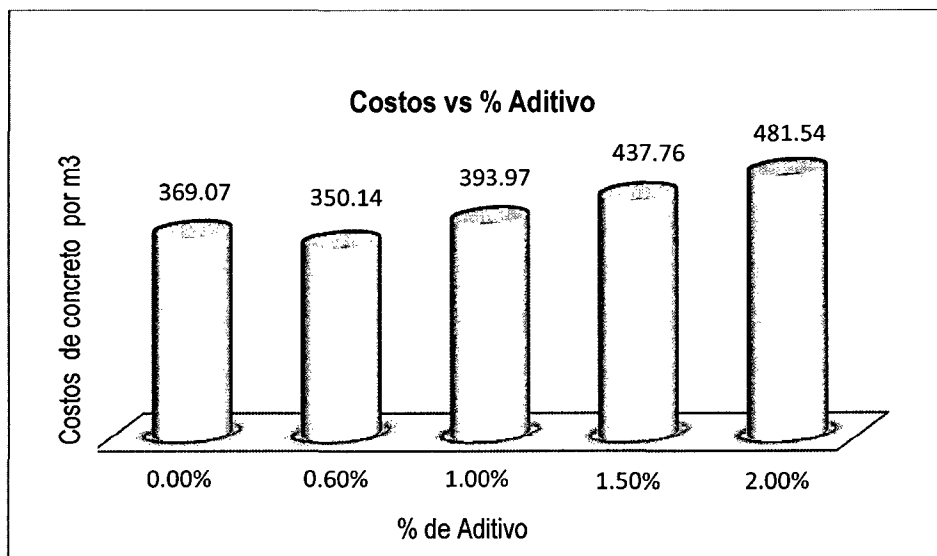


Grafico 5.3.- Comparación costos de acuerdo a los porcentajes de aditivo.

- **Generación para la curva resistencia costo para los concretos autocompactantes y concretos patrones.**

Con los datos obtenidos en los cuadros de costos se traza la curva – resistencia costo de los concretos autocompactantes y concretos patrones desarrollados en esta tesis (Ver gráfico 5.4)

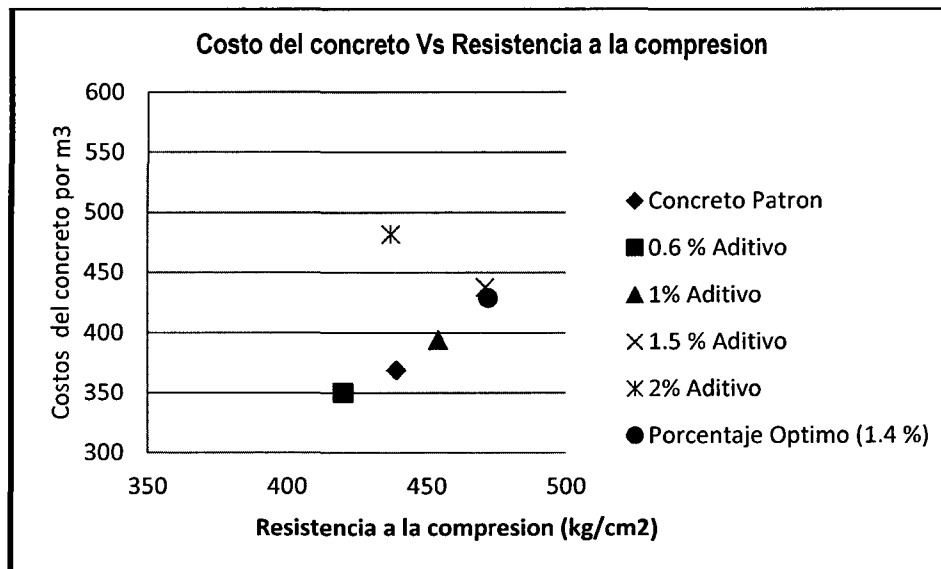


Gráfico 5.4.- Comparación costos del concreto Vs Resistencia a compresión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

- El aditivo Sika viscocrete 3330, tiene una influencia positiva en el diseño de concretos autocompactantes, considerando un concreto durable, basado en parámetros de durabilidad (Normas) y en función a la resistencia a la compresión, siendo el óptimo el 1.3%, para concretos elaborados con cemento Pacasmayo tipo V, incrementando la resistencia a compresión en un 14.60% y 1.4%, para concretos elaborados con cemento Pacasmayo tipo II, incrementando la resistencia a compresión en un 6.51 % en función al concreto patrón.
- Los concretos elaborados con 0.6 % de aditivo presentan asentamientos en un rango fluido. (6 a 8 pulgadas).
- Son mayores diámetros de extensibilidad en concretos elaborados con cemento Pacasmayo tipo V (75 cm) incrementándose a medida que se aumenta el porcentaje de aditivo(2%), presentando ligera exudación y segregación, para concreto elaborado con cemento Pacasmayo tipo II el mayor diámetro obtenido corresponde a 72 cm(2%)
- El peso unitario del concreto fresco disminuye a medida que va incrementándose el porcentaje de aditivo, encontrándose en los rangos establecidos por la norma. Siendo estos 2289 kg/cm³ – 2314 kg/cm³, para concretos elaborados con cemento pacasmayo tipo V y 2273 kg/cm³ - 2302 kg/cm³ para concretos elaborados con cemento pacasmayo tipo II.
- Los resultados de la resistencia a flexión no difieren significativamente con respecto al patrón, incrementando en 5.00% para concretos elaborados con cemento Pacasmayo tipo V, y 8.63% para concretos elaborados con cemento Pacasmayo pacasmayo tipo II.
- Los costos en materiales de un CAC, incrementan a medida que se va adicionando porcentaje de aditivo, en función concreto patrón, siendo +32.80 s. /m³ (1.3 % de aditivo) para concretos elaborados con cemento tipo pacasmayo tipo V y +59.63 s./m³ (1.4% de aditivo) para concretos elaborados con cemento pacasmayo tipo II. Ahorrando gastos en costos de mano de obra, Costos en Reparación de cangrejas, Costos en vibrado, costos en acabados.

RECOMENDACIONES.

- ✦ Investigar la resistencia a compresión para 60 y 90 días.
- ✦ El Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso para un CAC, debe preferentemente oscilar entre 3/4" y 3/8" , y en la aplicación de diseños de mezcla con Tamaño Máximo Nominal de 1" los estudios de laboratorio deben ser más exhaustivos debido a la dificultad para obtener una correcta estabilidad de la mezcla, garantizando así el cumplimiento de sus propiedades autocompactables.
- ✦ La finura de los materiales garantiza buena estabilidad en las mezclas de CAC, por lo que es necesario utilizar en el cálculo de las proporciones, arena clasificada por su módulo de finura, como fina o media fina, esta condición motiva a realizar investigaciones con mezclas de agregados que se complementen entre si utilizando dos o más tipos de arenas entre medias finas y muy finas.
- ✦ Para utilizar el CAC como material de construcción, es necesario realizar previamente un estudio técnico y económico en base a las solicitudes del proyecto, tomando en cuenta los resultados de esta investigación y los antecedentes que tiene este tipo de concreto en la efectividad para solucionar problemas de colocación en países extranjeros.
- ✦ Se debe extender esta investigación, incrementando en su diseño adiciones como ceniza volante, filler calizo entre otros y realizar un comparativo.
- ✦ Realizar investigaciones con otros tipos de cementos y otros tipos de aditivos existentes en el mercado de Cajamarca para poder analizar las propiedades y características de este tanto en concreto fresco como endurecido.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- [1] Rivva López, Enrique: "Diseño de Mezclas", Lima – Perú, Edit. Hozlo S.C.R.L., 1999.
- [2] Gonzáles, M. "Aditivos y adiciones del concreto; norma y aplicaciones". Disponible en: <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/reologT9.htm>.
- [3] Asocem "Aditivos del Concreto".
Disponible en: <http://www.asocem.org.pe/aditivo.pdf>.
- [4] EFNARC "Especificaciones y directrices para el Hormigón autocompactable – HAC". Disponible en: <http://www.efnarc.org/pdf/SandGforSCCSpanish.pdf>.
- [5] Nasvik, J. "El ABC del concreto autocompactable" Construcción y Tecnología. Disponible en: <http://www.imcyc.com/cyt/enero04/publireportajegrace.htm>.
- [6] Gonzáles de la Cotera, M. Investigación: "Comportamiento Filler Calizo en los Concretos Autocompactados". Asocem – España. 2002
- [7] Angulo, F. y Guzmán, E. Investigación: "En qué medida influye el porcentaje de superplastificante Viscocrete – 1110 sobre la trabajabilidad en estado fresco y la resistencia a la compresión en estado endurecido de un concreto de alta resistencia". Trujillo – Perú. 2007
- [8] Ensayos de caracterización del CAR en estado fresco.
Disponible en: <http://biblioteca.upc.es/PFC/arxiu/migrats/36022-7.pdf>.
- [9] Bernardo de la Peña, R. "Ensayos de Trabajabilidad CAR". Disponible en: http://www.seconstruye.com/jh2003/PDF/trabajos/BernaPena_RodrVern.pdf.
- [10] Estado del Arte del Hormigón Autocompactable. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3358/4/36022-4.pdf>.
- [11] Especificaciones y directrices para el Hormigón autocompactable – HAC. Disponible en: <http://www.efnarc.org/pdf/SandGforSCCSpanish.pdf>.
- [12] Grupo de Investigación en Materiales de Construcción. EIMAT – UNT. "Hormigón Autocompactante". Trujillo – Perú. 2007.
- [13] Ensayos de caracterización del HAC en estado fresco. Disponible en: <http://biblioteca.upc.es/PFC/arxiu/migrats/36022-7.pdf>.

NORMAS TÉCNICAS REFERENCIADAS

- NTP 334.005:2001 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la densidad del cemento portland. 2a. ed. R. 132-2001-INDECOPI-CRT (2001-12-03).
- NTP 339.034:2008 HORMIGÓN (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed. R. 001-2008/INDECOPI-CRT (2008-01-25).
- NTP 339.035:1999 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams. 2a. ed. R. 21-99-INDECOPI-CRT (1999-04-29).
- NTP 339.036:1999 HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco. 2a. ed. R. 21-99-INDECOPI-CRT (1999-04-29).
- NTP 339.070:1982 HORMIGÓN (CONCRETO). Toma de muestras de agua para la preparación y curado de morteros y hormigones de cemento portland.
- NTP 339.077:2003 HORMIGÓN (CONCRETO). Métodos de ensayo normalizado para la exudación del hormigón (concreto). 2a. ed. R. 20-2003-CRT-INDECOPI (2003-02-22).
- NTP 339.088:2006 HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos R. 13-2006/CRT-INDECOPI (2006-03-06).
- NTP 339.185:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. R. 48-2002-INDECOPI-CRT (2002-05-30).
- NTP 400.011:1976 AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos R. 758-76 (1976).
- NTP 400.012:2001 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 2a. ed. R. 71-2001-INDECOPI-CRT (2001-07-17).

- NTP 400.017:1999 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. 2a. ed. R. 21-99-INDECOPI-CRT (1999-04-29).
- 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 Angeles. 2a. ed. R. 7-2002-INDECOPI-CRT (2002-02-09).
- NTP 400.021:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. 2a. ed. R. 48-2002-INDECOPI-CRT (2002-05-30).
- NTP 400.022:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. 2a. ed. R. 48-2002-INDECOPI-CRT (2002-05-30).
- NTP 400.037:2002 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto) R. 13-2002-INDECOPI-CRT (2002-02-27).

NORMAS AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)

ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org

CEMENTO

- ASTM C150-07 Standard Specification for Portland Cement.
- ASTM C1157 Standard Performance Specification for Hydraulic Cement

AGREGADOS

- ASTM C127-07 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.
- ASTM C128-07a Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.
- ASTM C131-06 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- ASTM C136-06 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.
- ASTM C227-03 Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method).

- ASTM C289-07 Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method).
- ASTM C29/C29M-07 Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate.
- ASTM C295-03 Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete.
- ASTM C33-07 Standard Specification for Concrete Aggregates.
- ASTM C40-04 Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete.
- ASTM C535-03e1 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- ASTM C566-97(2004) Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying.
- ASTM C586-05 Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Carbonate Rocks as Concrete Aggregates (Rock-Cylinder Method).
- ASTM D75-03 Standard Practice for Sampling Aggregates.

ANEXOS

ANEXO A

A.1.-AGREGADOS PARA EL CONCRETO

• AGREGADO FINO.

Procedencia: Cantera CHONTA

A.1.1. Granulometría (NTP 400.12)

✦ Ensayo N° 01

Muestra: 1375.5 g

Cuadro A.1.- Ensayo N° 01 Granulometría.

| Tamiz | | Peso Retenido(gr) | Retenido parcial (%) | Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa (%) |
|----------|-------|-------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| N° | (mm) | | | | |
| 4 | 4.76 | 134.50 | 9.78 | 9.78 | 90.22 |
| 8 | 2.36 | 219.00 | 15.92 | 25.70 | 74.30 |
| 16 | 1.18 | 170.00 | 12.36 | 38.06 | 61.94 |
| 30 | 0.6 | 169.00 | 12.29 | 50.35 | 49.65 |
| 50 | 0.3 | 341.00 | 24.79 | 75.14 | 24.86 |
| 100 | 0.15 | 235.00 | 17.08 | 92.22 | 7.78 |
| 200 | 0.075 | 82.00 | 5.96 | 98.18 | 1.82 |
| Cazoleta | | 25.00 | 1.82 | 100.00 | 0.00 |

$$M_f = \frac{\% \text{ Ret. Acum (N}^\circ 04, \text{N}^\circ 08, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

$$M_f = \frac{\% \text{ Ret. Acum (9.78 + 25.70 + 38.06 + 50.35 + 75.14 + 92.22)}}{100}$$

$$M_f = 2.91$$

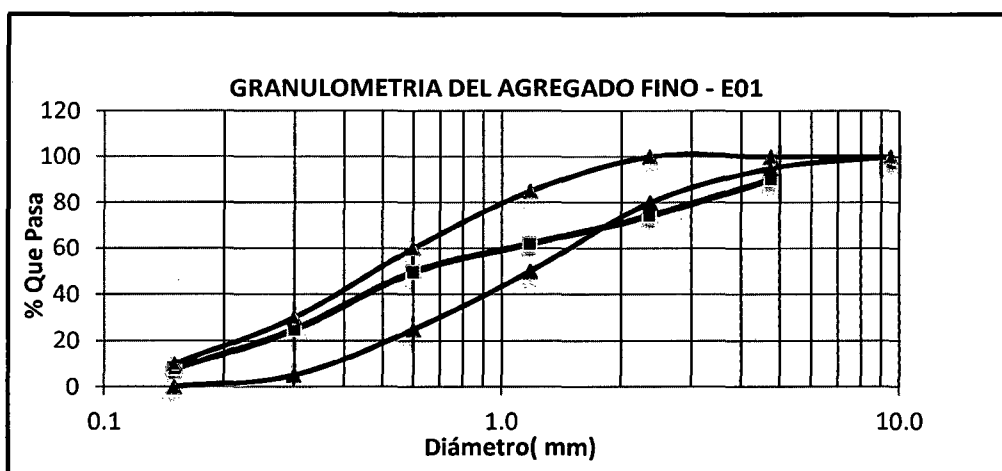


Gráfico A.1.- Ensayo N° 01 Granulometría.

- Cálculo del coeficiente de uniformidad.

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.6397}{0.1511} = 4.23$$

- Calculo del coeficiente de Curvatura

$$C_C = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}} = \frac{0.3025^2}{0.6397 * 0.1511} = 1.01$$

✦ **Ensayo N° 02**

Muestra: 2196.35 g

Cuadro A.2.- Ensayo N° 02 Granulometría.

| Tamiz | | Peso Retenido(gr) | Retenido parcial (%) | Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa (%) |
|-----------------|-------|-------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| N° | (mm) | | | | |
| 4 | 4.76 | 156.75 | 7.14 | 7.14 | 92.86 |
| 8 | 2.36 | 322.80 | 14.70 | 21.83 | 78.17 |
| 16 | 1.18 | 295.00 | 13.43 | 35.27 | 64.73 |
| 30 | 0.6 | 430.15 | 19.58 | 54.85 | 45.15 |
| 50 | 0.3 | 515.80 | 23.48 | 78.33 | 21.67 |
| 100 | 0.15 | 370.80 | 16.88 | 95.22 | 4.78 |
| 200 | 0.075 | 90.00 | 4.10 | 99.31 | 0.69 |
| Cazoleta | | 15.05 | 0.69 | 100.00 | 0.00 |

$$M_f = \frac{\% \text{ Ret. Acum (N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

$$M_f = \frac{\% \text{ Ret. Acum (7.14 + 21.83 + 35.27 + 58.85 + 78.33 + 95.22)}}{100}$$

$$M_f = 2.93$$

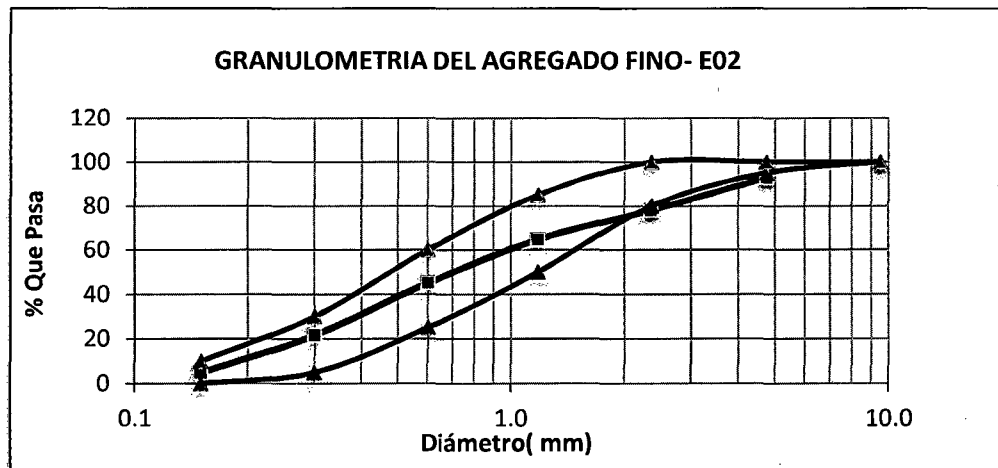


Grafico A2.- Ensayo N° 02 Granulometría.

- Calculo del coeficiente de uniformidad.

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.64}{0.15} = 4.19$$

- Cálculo del coeficiente de Curvatura

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}} = \frac{0.31^2}{0.64 * 0.15} = 1.07$$

† **Ensayo N° 03**

Muestra: 1863.75 g

Cuadro A.3.- Ensayo N° 03 Granulometría.

| Tamiz | | Peso Retenido(gr) | Retenido parcial (%) | Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa(%) |
|----------|-------|-------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| N° | (mm) | | | | |
| 4 | 4.76 | 170.21 | 9.13 | 9.13 | 90.87 |
| 8 | 2.36 | 282.25 | 15.14 | 24.28 | 75.72 |
| 16 | 1.18 | 262.07 | 14.06 | 38.34 | 61.66 |
| 30 | 0.6 | 303.02 | 16.26 | 54.60 | 45.40 |
| 50 | 0.3 | 398.17 | 21.36 | 75.96 | 24.04 |
| 100 | 0.15 | 322.13 | 17.28 | 93.24 | 6.76 |
| 200 | 0.075 | 87.50 | 4.69 | 97.94 | 2.06 |
| Cazoleta | | 38.40 | 2.06 | 100.00 | 0.00 |

$$M_f = \frac{\% \text{ Ret. Acum (N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

$$M_f = \frac{\% \text{ Ret. Acum (9.13 + 24.28 + 38.34 + 54.60 + 76.49 + 93.94)}}{100}$$

$$M_f = 2.96$$

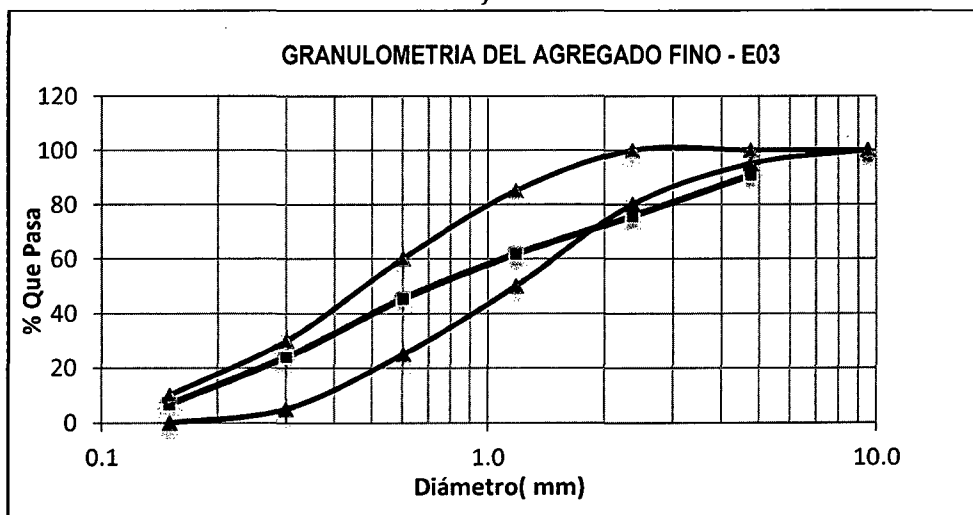


Gráfico A3.- Ensayo N° 03 Granulometría.

- Cálculo del coeficiente de uniformidad.

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.63}{0.15} = 4.17$$

- Cálculo del coeficiente de Curvatura

$$C_C = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}} = \frac{0.30^2}{0.63 * 0.15} = 1.05$$

A.1.2. Peso Unitario (NTP 400.017)

✦ Peso Unitario Suelto.

Cuadro A.4.- Ensayo de Peso Unitario Suelto.

| DESCRIPCION | Ensayos | | | Promedio |
|---|---------|---------|---------|----------|
| | E - 01 | E - 02 | E - 03 | |
| Peso del Molde en Kg | 4.23 | 4.23 | 4.23 | |
| Peso del Molde mas muestra en Kg | 19.31 | 19.42 | 19.37 | |
| Peso de la Muestra | 15.09 | 15.20 | 15.15 | |
| Volumen del Molde en m ³ | 0.01 | 0.01 | 0.01 | |
| Peso Unitario Suelto (Kg/m ³) | 1563.82 | 1575.22 | 1570.04 | |

✦ Peso Unitario Compactado.

Cuadro A.5.- Ensayo de Peso Unitario Compactado.

| DESCRIPCION | Ensayos | | | Promedio |
|---|---------|---------|---------|----------|
| | E - 01 | E - 02 | E - 03 | |
| Peso del Molde en Kg | 4.23 | 4.23 | 4.23 | |
| Peso del Molde mas muestra en Kg | 20.50 | 20.55 | 20.59 | |
| Peso de la Muestra | 16.28 | 16.33 | 16.37 | |
| Volumen del Molde en m ³ | 0.01 | 0.01 | 0.01 | |
| Peso Unitario Suelto (Kg/m ³) | 1687.18 | 1692.37 | 1696.51 | |

A.1.3. Peso Específico (NTP 400.022)

Cuadro A.6.- Ensayo de Peso Específico.

| ENSAYO | 1° | 2° | 3° | Promedio |
|--------------------------|--------|--------|--------|-------------|
| Wo (gr) | 493.36 | 493.1 | 493.22 | |
| V (cm ³) | 500 | 500 | 500 | |
| Va (cm ³) | 309.35 | 309.14 | 309.2 | |
| Pemasa=Wo/(V-Va) | 2.59 | 2.58 | 2.59 | 2.59 |
| Pesss=500/(V-Va) | 2.62 | 2.62 | 2.62 | 2.62 |
| Pea=Wo/[(V-Va)-(500-Wo)] | 2.68 | 2.68 | 2.68 | 2.68 |
| Abs=[(500-Wo)/100]/Wo | 1.35 | 1.40 | 1.37 | 1.37 |

A.1.4. Contenido de Humedad (NTP 400.016)

Cuadro A.7.- Ensayo de Contenido de humedad.

| Descripción | Formula | Ensayos | | | Promedio |
|---|------------|---------|--------|--------|----------|
| | | E - 01 | E - 02 | E - 03 | |
| Peso Tara | PT | 73.60 | 73.80 | 72.6 | |
| Peso Tara + muestra Húmeda | PT+MH | 573.60 | 573.80 | 572.60 | |
| Peso de la Muestra Húmeda | Mh | 500.00 | 500.00 | 500.00 | |
| Peso de Tara + Muestra Seca | PT+Ms | 557.40 | 558.10 | 556.20 | |
| Peso de la Muestra secada al horno (gr) | Ms | 483.80 | 484.30 | 483.60 | |
| Peso del agua perdida (gr) | CA=(MH-MS) | 16.20 | 15.70 | 16.40 | |
| Contenido de Humedad (%) | CA/MS*100 | 3.35% | 3.24% | 3.39% | |

A.1.5. CONTAMINACION DE LOS AGREGADOS

Cuadro A.8.- Ensayo de Contaminación de los agregados.

| DESCRIPCION | ENSAYOS | | |
|--|--------------|--------|--------|
| | E - 01 | E - 02 | E - 03 |
| PT | 74.6 | 74.4 | 87.8 |
| PT + M | 574.6 | 619.8 | 632.1 |
| PM | 500 | 545.4 | 544.3 |
| PT + Mlavada | 570.00 | 610.50 | 622.00 |
| Peso de la muestra lavada | 495.40 | 536.10 | 534.20 |
| Peso de material que pasa tamiz N° 200(gr) | 4.60 | 9.30 | 10.10 |
| % de material que pasa tamiz N° 200 | 0.92% | 1.71% | 1.86% |
| PROMEDIO | 1.39% | | |

• **AGREGADO GRUESO**

Procedencia: Cantera CHONTA.

A.1.6. **Granulometría (NTP 400.12)**

✦ **Ensayo N° 01**

Muestra: 8000g

Cuadro A.9.- Ensayo N°01 granulometría.

| Tamiz | | Peso Retenido(gr) | Retenido parcial (%) | Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa(%) |
|----------|-------|-------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| N° | (mm) | | | | |
| 2" | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.70 | 5591.00 | 69.89 | 69.89 | 30.11 |
| 3/8" | 9.51 | 1760.00 | 22.00 | 91.89 | 8.11 |
| N°4 | 4.76 | 550.00 | 6.88 | 98.76 | 1.24 |
| N°8 | 2.36 | 92.00 | 1.15 | 99.91 | 0.09 |
| Cazoleta | | 7.00 | 0.09 | 100.00 | 0.00 |

$$Mf = \frac{\% \text{ Ret. Acum (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

$$Mf = \frac{\% \text{ Ret. Acum (0.00 + 91.89 + 98.76 + 99.91 + 100 + 100 + 100 + 100)}}{100}$$

$$Mf = 6.91$$

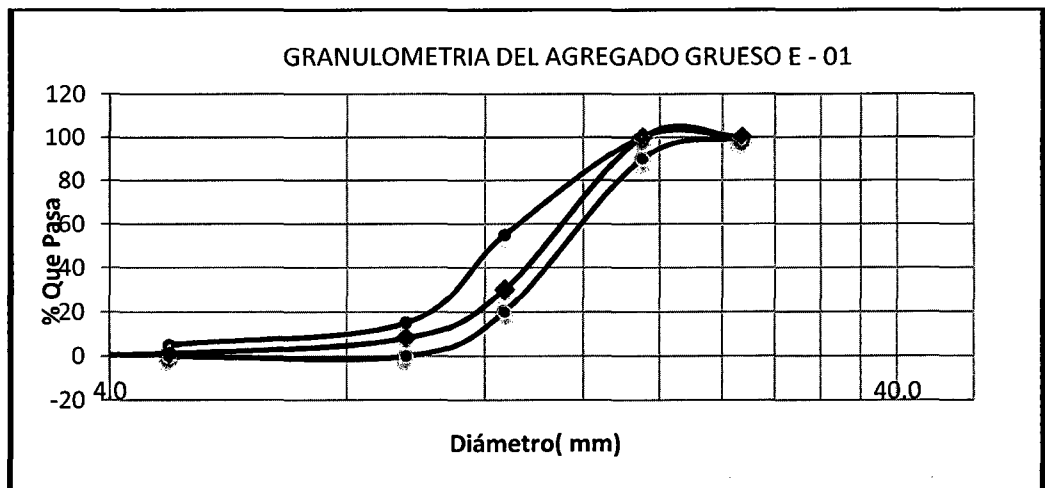


Grafico A4.- Ensayo N° 01 Granulometría.

† **Ensayo N° 02**
 Muestra: 8000g

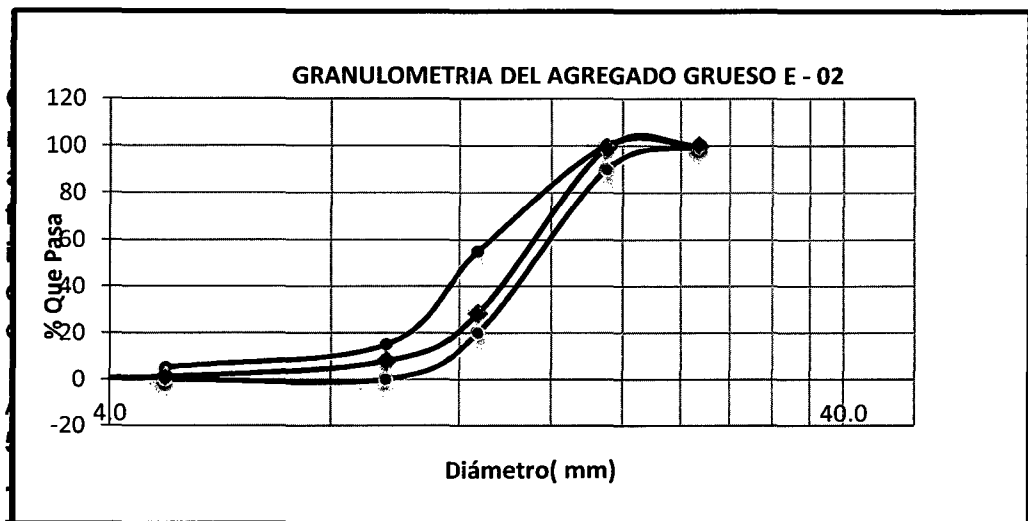
Cuadro A.10.- Ensayo N°02 granulometría.

| Tamiz | | Peso Retenido(gr) | Retenido parcial (%) | Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa(%) |
|-----------------|-------|-------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| N° | (mm) | | | | |
| 2" | 50.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.40 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 75.00 | 0.938 | 0.94 | 99.06 |
| 1/2" | 12.70 | 5661.000 | 70.763 | 71.70 | 28.30 |
| 3/8" | 9.51 | 1632.000 | 20.400 | 92.10 | 7.90 |
| N°4 | 4.76 | 538.000 | 6.725 | 98.83 | 1.18 |
| N°8 | 2.36 | 84.000 | 1.050 | 99.88 | 0.13 |
| Cazoleta | | 10.00 | 0.125 | 100.00 | 0.00 |

$$Mf = \frac{\% \text{ Ret. Acum (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

$$Mf = \frac{\% \text{ Ret. Acum (0.94 + 92.10 + 98.83 + 99.88 + 100 + 100 + 100 + 100)}}{100}$$

$$Mf = 6.92$$



Ensayo N° 02 Granulometría.

† **Ensayo N° 03**
 Muestra: 8000g

Cuadro A.11.- Ensayo N°03 granulometría

| Tamiz | | Peso Retenido(gr) | Retenido parcial (%) | Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa(%) |
|-----------------|-------|-------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| N° | (mm) | | | | |
| 2" | 50.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.50 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.40 | 0.00 | 0.000 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 75.00 | 0.938 | 0.94 | 99.06 |
| 1/2" | 12.70 | 5661.000 | 70.763 | 71.70 | 28.30 |
| 3/8" | 9.51 | 1632.000 | 20.400 | 92.10 | 7.90 |
| N°4 | 4.76 | 538.000 | 6.725 | 98.83 | 1.18 |
| N°8 | 2.36 | 84.000 | 1.050 | 99.88 | 0.13 |
| Cazoleta | | 10.00 | 0.125 | 100.00 | 0.00 |

$$M_f = \frac{\% \text{ Ret. Acum (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

$$M_f = \frac{\% \text{ Ret. Acum (1.46 + 92.48 + 99.46 + 99.89 + 100 + 100 + 100 + 100)}}{100}$$

$$M_f = 6.93$$

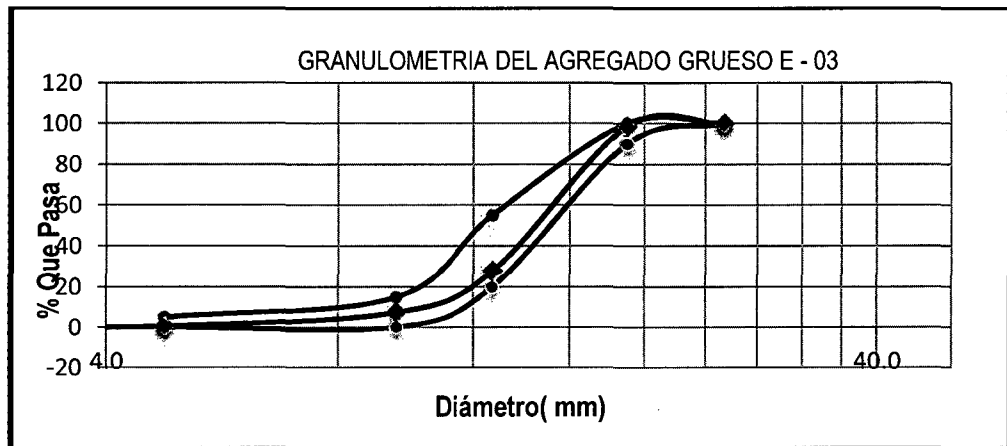


Gráfico A6.- Ensayo N° 03 Granulometría.

A.1.7. Peso Unitario (NTP 400.017)

✦ **Peso Unitario Suelto.**

Cuadro A.12.- Ensayo Peso Unitario Suelto

| DESCRIPCION | Ensayos | | | Promedio |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | E - 01 | E - 02 | E - 03 | |
| Peso del Molde en Kg | 4.23 | 4.23 | 4.23 | |
| Peso del Molde mas muestra en Kg | 17.58 | 17.51 | 17.42 | |
| Peso de la Muestra | 13.36 | 13.29 | 13.20 | |
| Volumen del Molde en m3 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | |
| Peso Unitario Suelto (Kg/m3) | 1384.48 | 1377.22 | 1367.89 | 1376.53 |

✦ **Peso Unitario Compactado.**

Cuadro A.13.- Ensayo Peso Unitario Compactado

| DESCRIPCION | Ensayos | | | Promedio |
|----------------------------------|---------|---------|---------|----------|
| | E - 01 | E - 02 | E - 03 | |
| Peso del Molde en Kg | 4.23 | 4.23 | 4.23 | |
| Peso del Molde mas muestra en Kg | 18.59 | 18.52 | 18.47 | |
| Peso de la Muestra | 14.37 | 14.30 | 14.25 | |
| Volumen del Molde en m3 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | |
| Peso Unitario Suelto (Kg/m3) | 1489.18 | 1481.92 | 1476.74 | |

A.1.8. Peso Especifico (NTP 400.022)

Cuadro A.14.- Ensayo Peso Especifico

| Descripcion | Ensayos | | | Promedio |
|--------------------------------|---------|---------|---------|----------|
| | E - 1 | E - 2 | E - 3 | |
| W agregado S.S.S (gr) (B) | 4080.25 | 4082.35 | 4087.50 | |
| W Agregado + Malla (gr) | 6630.25 | 6632.35 | 6637.50 | |
| W Malla (gr) | 2550.00 | 2550.00 | 2550.00 | |
| W Malla sumergida (gr) | 2249.05 | 2249.05 | 2249.05 | |
| W Malla + grava sumergida (gr) | 4785.42 | 4776.55 | 4785.55 | |
| W Grava sumergida (gr) (C) | 2536.37 | 2527.50 | 2536.50 | |
| W Muestra seca (gr) (A) | 4032.40 | 4035.20 | 4041.00 | |
| Peso específico de masa | 2.61 | 2.60 | 2.61 | 2.61 |
| Peso específico de masa SSS | 2.64 | 2.63 | 2.64 | 2.63 |
| Peso específico aparente | 2.70 | 2.68 | 2.69 | 2.69 |
| Porcentaje de absorción | 1.19 | 1.17 | 1.15 | 1.17 |

A.1.9. Contenido de Humedad (NTP 400.016)

Cuadro A.15.- Ensayo Peso Especifico.

| Descripción | Formula | Ensayos | | | Promedio |
|---|------------|---------|---------|---------|----------|
| | | E - 01 | E - 02 | E - 03 | |
| Peso Tara | PT | 74.6 | 128.2 | 74.5 | |
| Peso Tara + muestra | PT+MH | 1192.07 | 2142.50 | 1190.75 | |
| Peso de la Muestra Húmeda | Mh | 1117.47 | 2014.30 | 1116.25 | |
| Peso de Tara + Muestra Seca | T+Ms | 1183.70 | 2130.00 | 1180.00 | |
| Peso de la Muestra secada al horno (gr) | Ms | 1109.10 | 2001.80 | 1105.50 | |
| Peso del agua perdida (gr) | CA=(MH-MS) | 8.37 | 12.50 | 10.75 | |
| Contenido de Humedad (%) | CA/MS*100 | 0.75% | 0.62% | 0.97% | |

A.1.10. Resistencia a la abrasión.

➤ **Ensayo 01**

Cuadro A.16.- Ensayo N° 01 Abrasión.

| TAMICES | | RETENIDO EN | | B |
|----------|---------|-------------|---------|-------|
| ABERTURA | PASA | | | |
| 1 1/2" | 37.5 mm | 1" | 25.4 mm | - |
| 1" | 25.4 mm | 3/4" | 19.0mm | - |
| 3/4" | 19.0mm | 1/2" | 12.7 mm | 2500g |
| 1/2" | 12.7 mm | 3/8" | 9.51 mm | 2500g |
| TOTAL | | | | 5000g |

Peso Inicial 5000 gr
 Pt 235 gr
 Pt + m 3725 gr
 Peso Final 3490 gr

$$\% \text{ de Desgaste} = \frac{(5000 - 3490) * 100}{5000}$$

$$\% \text{ De} = 30.20\%$$

➤ **Ensayo N° 02**

Cuadro A.17.- Ensayo N° 02 Abrasión.

| TAMICES | | RETENIDO EN | | B |
|----------|---------|-------------|---------|-------|
| ABERTURA | PASA | | | |
| 1 1/2" | 37.5 mm | 1" | 25.4 mm | - |
| 1" | 25.4 mm | 3/4" | 19.0mm | - |
| 3/4" | 19.0mm | 1/2" | 12.7 mm | 2500g |
| 1/2" | 12.7 mm | 3/8" | 9.51 mm | 2500g |
| TOTAL | | | | 5000g |

Peso Inicial 5000 gr
 Pt 300 gr
 Pt + m 3790 gr
 Peso Final 3490 gr

$$\% \text{ De} = 30.20\%$$

→ **Ensayo N° 03.**

Cuadro A.18.- Ensayo N° 03 Abrasión.

| TAMICES | | RETENIDO EN | | B |
|--------------|---------|-------------|---------|--------------|
| ABERTURA | PASA | | | |
| 1 1/2" | 37.5 mm | 1" | 25.4 mm | - |
| 1" | 25.4 mm | 3/4" | 19.0mm | - |
| 3/4" | 19.0mm | 1/2" | 12.7 mm | 2500g |
| 1/2" | 12.7 mm | 3/8" | 9.51 mm | 2500g |
| TOTAL | | | | 5000g |

| | | |
|--------------|------|----|
| Peso Inicial | 5000 | gr |
| Pt | 240 | gr |
| Pt + m | 3660 | gr |
| Peso Final | 3420 | gr |

$$\% \text{ de Desgaste} = \frac{(5000 - 3725) * 100}{5000}$$

$$\% \text{ De} = 31.60\%$$

$$\% \text{ Prom De} = 30.66\%$$

A.1.11. CONTAMINACION DE AGREGADOS.

Cuadro A.19.- Ensayo para Contaminación de agregados

| DESCRIPCION | ENSAYOS | | |
|--|--------------|--------|--------|
| | E - 01 | E - 02 | E - 03 |
| PT | 74.60 | 87.80 | 74.40 |
| PT + M | 574.60 | 633.20 | 585.70 |
| PM | 500.00 | 545.40 | 511.30 |
| PT + M lavada | 570.00 | 627.00 | 581.00 |
| Peso de la muestra lavada | 495.40 | 539.20 | 506.60 |
| Peso de material que pasa tamiz N° 200(gr) | 4.60 | 6.20 | 4.70 |
| % de material que pasa tamiz N° 200 | 0.92% | 1.14% | 0.92% |
| PROMEDIO | 0.99% | | |

A.1.12. RESUMEN DE PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DE AGREGADOS: GRUESO Y FINO.**Cuadro A.20.- Resumen de características y propiedades de agregados grueso y fino.**

| DESCRIPCION | Unidad | AF | AG |
|---------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| Peso Unitario Suelto | kg/m ³ | 1569.69 | 1376.53 |
| Peso Unitario Compactado | kg/m ³ | 1692.02 | 1482.61 |
| Peso específico de masa | (gr/cm ³) | 2.59 | 2.61 |
| Peso específico de masa SSS | (gr/cm ³) | 2.62 | 2.63 |
| Peso Específico Aparente | (gr/cm ³) | 2.68 | 2.69 |
| Porcentaje de absorción | % | 1.37 | 1.17 |
| Contenido de humedad | % | 3.33 | 0.78 |
| Mf | - | 2.93 | 6.94 |
| Porcentaje que pasa malla N 200 | % | 1.39 | 0.99 |
| Abrasión | % | - | 30.67 |

ANEXO B

B.1 DISEÑO DE MEZCLAS.

DISEÑO DE MEZCLA PATRON ELABORADO CON CEMENTO PACASMAYO TIPO V.

- ✦ $f_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$.
- ✦ $f_{cr} = f_c + 8.5 = 350 + 8.5 = 435 \text{ Kg/cm}^2$.
- ✦ T.M.N. = $\frac{1}{2}$ "
- ✦ Selección del Slump
 - Slump = 6" – 7"
- ✦ Volumen de agua = 230 lts/m³.
- ✦ $V_{\text{aire atrapado}} = 2.5\%$
- ✦ Relación a/c = 0.40
- ✦ F.C = $230/0.40 = 575 \text{ Kg/cm}^2 = 15.53 \text{ bolsas/m}^3$.
- ✦ Calculo del Volumen absoluto de la pasta
 - Cemento = $575/3110 = 0.183 \text{ m}^3$.
 - Agua = $230/1000 = 0.230 \text{ m}^3$.
 - Aire = $2.50/100 = 0.0250 \text{ m}^3$.
 - $\sum V_{\text{abs pasta}} = 0.4375 \text{ m}^3$.
- ✦ $V_{\text{abs agregados}} = 1 - 0.4375 \text{ m}^3$.
 - $V_{\text{abs agregados}} = 0.5625 \text{ m}^3$.

Mediante ensayos de prueba teniendo en cuenta características de concretos autocompactantes, se logró determinar el porcentaje de Af y Ag respecto al volumen global de agregados

Siendo el Af: 60% del volumen de agregados y Ag: 40% del volumen de agregados.

- ✦ $V_{\text{abs del Af}} = 0.60 \times 0.5625 = 0.3375 \text{ m}^3$.
- ✦ $V_{\text{abs del Ag}} = 0.40 \times 0.5625 = 0.2250 \text{ m}^3$.
- ✦ Peso seco del Af = $0.3375 \times 2590 = 874.06 \text{ Kg/m}^3$.
- ✦ Peso seco del Ag = $0.2250 \times 2610 = 587.21 \text{ Kg/m}^3$.
- ✦ Peso húmedo del:
 - $A_{\text{húmedo}} = 874.06 \times (1 + 3.33\%) = 903.17 \text{ Kg/m}^3$.
 - $A_{\text{húmedo}} = 587.21 \times (1 + 0.78\%) = 591.79 \text{ Kg/m}^3$.
- ✦ Humedad superficial de los agregados
 - Del Af = $3.33\% - 1.37\% = +1.96\%$
 - Del Ag = $0.78\% - 1.17\% = -0.39\%$
- ✦ Aporte de humedad de los agregados
 - Del Af = $903.17 \times (+1.96\%) = +16.644 \text{ lts}$.
 - Del Ag = $591.79 \times (-0.39\%) = -2.308 \text{ lts}$.
 - Aporte total = $16.644 - 2.308 = 15.394 \text{ lts}$.

✦ Agua efectiva = $230.00 - 15.394 = 214.61 \text{ lts/m}^3$.

✦ **MEZCLA PATRON:**

- Cemento = $575 \text{ Kgs/m}^3 = 13.53 \text{ bolsas/m}^3$.
- Agua efectiva = 214.61 lts/m^3 .
- AF húmedo = 903.17 Kg/m^3
- AG húmedo = 591.79 Kg/m^3 .

B.2.-CONSIDERACIONES PARA LA ELABORACION DEL CONCRETO.

B.2.1.- Requerimientos que deberían cumplir los agregados para concreto.

| Agregado fino | | |
|---|---|--------------------------------|
| Ensayo | Requisito-NTP 400.037 | Otras Especificaciones. |
| Muestreo. | Muestra Mín. $\geq 10 \text{ kg}$. | - |
| Forma y textura superficial. | Las que generen $>$ durabilidad y resistencia al C° | |
| Análisis granulométrico. | Husos granulométricos. | - |
| Módulo de finura. | (2.3 – 3.1) | - |
| Material $<$ pasa tamiz N° 200: | Máx. 3% (C° sujeto a abrasión). Máx. 5% (otros concretos). | - |
| Agregado fino natural. | | - |
| Agregado fino chancado. | | - |
| Partículas deleznales. | Máx. 3%. | - |
| Peso específico, (gr/cm ³). | - | (2.3 – 2.9) |
| Absorción, (%). | - | (0.2 – 3.5) |
| Contenido de humedad, (%). | - | 8 Aprox. |
| Peso unitario, (kg/m ³): | | |
| Compactado. | - | (1550 – 1750) |
| Suelto. | - | (20% menos) |

| Agregado grueso | | |
|------------------------------|---|-------------------------------|
| Ensayo | Requisito-NTP 400.037 | Otras Especificaciones |
| Muestreo. | Medida: Tabla N° 1, NTP 400.010. | - |
| Forma y textura superficial. | Las que generen $>$ durabilidad y resistencia al concreto | |
| Análisis granulométrico. | Husos granulométricos. | - |

| | | |
|-------------------------------|---|---------------|
| Tamaño máximo | En el Cº no se encontrarán partículas más grandes. Será el pasante por el tamiz de 2 ½" (según RNE). | |
| Material < pasa tamiz Nº 200. | Máx. 1%. | - |
| Partículas deleznales. | Máx. 5%. | - |
| Resistencia a la abrasión. | Máx. Pérdida 50%. | - |
| Peso específico, (gr/cm³). | - | (2.3 – 2.9) |
| Absorción, (%). | - | (0.2 – 3.5) |
| Contenido de humedad, (%). | - | 4 Aprox. |
| Peso unitario, (kg/m³): | | |
| Compactado. | - | (1620 - 2016) |
| Suelto. | - | (1350 – 1680) |

Fuente: normas ASTM C33/C33M-11, NTP 400.037.

Cuadro B.2.2.-Principales componentes del cemento portland.

| Cemento | C3S | C2S | C3A | C3AF | CaSO4 | CaO Libre | MgO |
|----------|--------|---------|--------|------|-------|-----------|-----|
| Tipo I | 59 | 15 | 12 | 8 | 2.9 | 0.8 | 2.4 |
| Tipo II | 46 | 29 | 6-8* | 12 | 2.8 | 0.6 | 3.0 |
| Tipo III | 60 | 12 | 12-15* | 8 | 3.9 | 1.3 | 2.6 |
| Tipo IV | 30-35* | 40**-46 | 5-7* | 13 | 2.9 | 0.3 | 2.7 |
| Tipo V | 43 | 36 | 4-5* | 12 | 2.7 | 0.4 | 1.6 |

(*) Como máximo

(**) Como mínimo

Fuente: Tecnología del concreto, A.M Neville y J.J. Brooks

Cuadro B.2.3.-Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

| Resistencia especificada a la compresión, MPa | Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa |
|---|---|
| $f_c < 21$ | $f_{cr} = f_c + 7,0$ |
| $21 < f_c < 35$ | $f_{cr} = f_c + 8,5$ |
| $f_c > 35$ | $f_{cr} = 1,1 f_c + 5,0$ |

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE 060)

Cuadro B.2.4.-Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados

| ASENTAMIENTO | Agua , en 1/m ³ , para los tamaños máximos nominales del agregado grueso y consistencia indicados | | | | | | | |
|---|--|------|------|-----|--------|-----|-----|------|
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 6" |
| CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 11 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | ---- |
| Cont. Aire atrapado (%) | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| CONCRETO CON AIRE INCORPORADO | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | ---- |
| Promedio recomendable para el contenido total de aire (%) | 8 | 7 | 6 | 5 | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 |

Fuente: ACI 211 y ACI 318

Cuadro B.2.5.-Relación de las principales propiedades de los agregados con los aspectos del comportamiento del concreto

| Características de los agregados | Aspectos influidos en el Concreto | |
|--|---|--|
| | Concreto Fresco | Concreto Endurecido |
| Granulometría | Manejabilidad Requerimiento de agua Sangrado | Resistencia mecánica Cambios volumétricos Economía |
| Limpieza (materia orgánica, limo, arcilla y otros finos indeseables) | Requerimiento de agua Contracción plástica | Durabilidad Resistencia mecánica Cambios volumétricos |
| Densidad (gravedad específica) | Peso unitario | Peso unitario |
| Sanidad | Requerimiento de agua | Durabilidad |
| Absorción y porosidad | Pérdida de revenimiento Contracción plástica | Durabilidad Permeabilidad |
| Forma de las partículas | Manejabilidad Requerimiento de agua Sangrado | Resistencia mecánica Cambios volumétricos Economía |
| Textura superficial | Manejabilidad Requerimiento de agua | Durabilidad Resistencia al desgaste Economía |
| Tamaño máximo | Segregación Peso unitario Requerimiento de agua | Resistencia mecánica Cambios volumétricos Peso unitario Permeabilidad Economía |
| Reactividad con los álcalis | | Durabilidad |
| Módulo de elasticidad | | Módulo de elasticidad Cambios volumétricos |
| Resistencia a la abrasión | | Resistencia a la abrasión Durabilidad |
| Resistencia mecánica (por aplastamiento) | | Resistencia mecánica |
| Partículas friables y terrones de arcilla | Contracción plástica | Resistencia mecánica Durabilidad Reventones superficiales |
| Coefficiente de expansión térmica | | Propiedades térmicas |

Fuente: Manual de tecnología del concreto, Comisión Federal De Electricidad (pág 101)

B.3.-ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION

A. ELABORADO CON CEMENTO TIPO V

a.1. Concreto patrón

- Edad 7 días.

Cuadro B.3.1.- Ensayo de Resistencia a la compresión

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------|
| ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO) | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 23/10/20 14 | Edad (días): | | 7 |
| Fecha de rotura: | | 30/10/20 14 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350 |
| Código | Altura Cm | Área Cm ² | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP1 | 30.25 | 184.33 | 57000 | 309.22 | 5 |
| CP2 | 30.35 | 182.41 | 55600 | 304.80 | 5 |
| CP3 | 30.30 | 181.79 | 56500 | 310.79 | 2 |
| CP4 | 30.45 | 182.01 | 58000 | 318.67 | 2 |
| CP5 | 30.20 | 182.65 | 56500 | 309.33 | 5 |
| CP6 | 30.25 | 181.94 | 58000 | 318.79 | 5 |
| Prom. | 30.30 | 182.52 | 56933 | 311.93 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|--|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.10 | 0.33 | 13.70 | 14.80 |
| 5.00 | 0.20 | 0.66 | 27.39 | 32.71 |
| 7.50 | 0.27 | 0.89 | 41.09 | 47.10 |
| 10.00 | 0.34 | 1.12 | 54.79 | 63.02 |
| 12.50 | 0.38 | 1.27 | 68.48 | 74.06 |
| 15.00 | 0.43 | 1.42 | 82.18 | 85.73 |
| 17.50 | 0.47 | 1.55 | 95.88 | 96.64 |
| 20.00 | 0.51 | 1.68 | 109.58 | 108.04 |
| 22.50 | 0.54 | 1.80 | 123.27 | 118.43 |
| 25.00 | 0.58 | 1.91 | 136.97 | 129.20 |
| 27.50 | 0.61 | 2.01 | 150.67 | 138.73 |
| 30.00 | 0.64 | 2.11 | 164.36 | 148.54 |
| 32.50 | 0.68 | 2.24 | 178.06 | 162.07 |
| 35.00 | 0.72 | 2.38 | 191.76 | 176.09 |
| 37.50 | 0.74 | 2.46 | 205.45 | 185.10 |
| 40.00 | 0.77 | 2.54 | 219.15 | 194.31 |
| 42.50 | 0.80 | 2.66 | 232.85 | 207.54 |
| 45.00 | 0.84 | 2.77 | 246.54 | 221.14 |
| 47.50 | 0.87 | 2.87 | 260.24 | 233.11 |
| 50.00 | 0.90 | 2.97 | 273.94 | 245.35 |
| 52.50 | 0.93 | 3.07 | 287.63 | 257.91 |
| 55.00 | 0.96 | 3.17 | 301.33 | 270.74 |
| 57.00 | 0.99 | 3.27 | 312.29 | 283.55 |
| 54.00 | 1.01 | 3.32 | 295.85 | 290.86 |
| 50.00 | 1.02 | 3.38 | 273.94 | 299.51 |
| Ecuación: | Esf=14.308x ² + 40.113x | | | |
| Coef. de correlación | R ² = 0.9838 | | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | 312.29 | | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | 265075 | Norma E.060 | | |
| | 257879 | Gráfica | | |

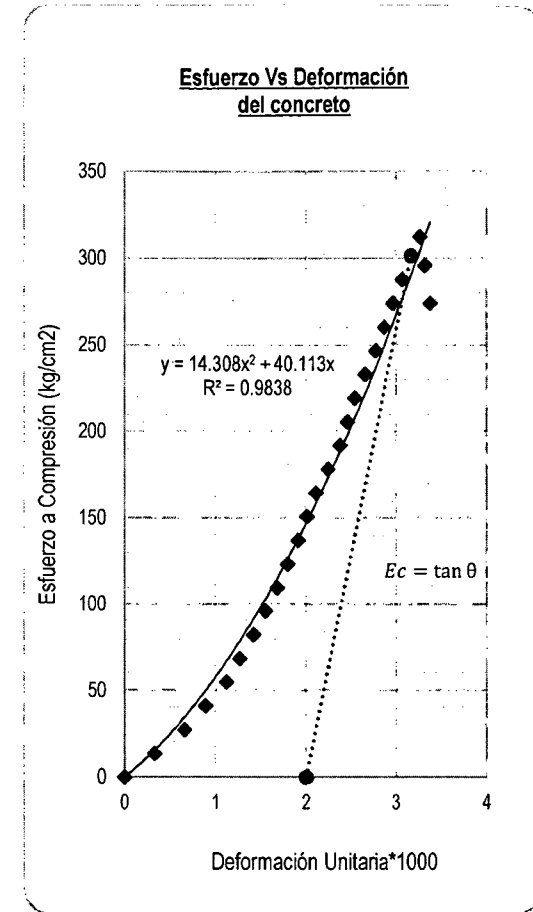


Gráfico B.3.1.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- Edad 14 días

Cuadro B.3.2.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|--|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO) | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 23/10/2014 | Edad (días): | | 14 |
| Fecha de rotura: | | 06/11/2014 | Resistencia f_c (kg/cm ²): | | 350 |
| Código | altura | Área | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP7 | 30.30 | 190.64 | 70000 | 367.18 | 4.00 |
| CP8 | 30.38 | 188.21 | 68000 | 361.31 | 5.00 |
| CP9 | 30.30 | 187.23 | 67000 | 357.84 | 5.00 |
| CP10 | 30.40 | 190.16 | 69500 | 365.49 | 5.00 |
| CP11 | 30.25 | 193.35 | 71000 | 367.22 | 3.00 |
| CP12 | 30.25 | 191.38 | 68500 | 357.93 | 4.00 |
| Prom. | 30.31 | 190.16 | 69000 | 362.83 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.27 | 13.15 | 9.91 |
| 5.00 | 0.16 | 0.52 | 26.29 | 21.82 |
| 7.50 | 0.23 | 0.77 | 39.44 | 36.13 |
| 10.00 | 0.29 | 0.95 | 52.59 | 48.56 |
| 12.50 | 0.35 | 1.17 | 65.73 | 64.90 |
| 15.00 | 0.41 | 1.35 | 78.88 | 80.48 |
| 17.50 | 0.46 | 1.51 | 92.03 | 94.57 |
| 20.00 | 0.50 | 1.66 | 105.17 | 109.68 |
| 22.50 | 0.53 | 1.75 | 118.32 | 119.22 |
| 25.00 | 0.58 | 1.90 | 131.47 | 135.94 |
| 27.50 | 0.61 | 2.03 | 144.61 | 150.04 |
| 30.00 | 0.65 | 2.15 | 157.76 | 164.79 |
| 32.50 | 0.68 | 2.24 | 170.91 | 176.28 |
| 35.00 | 0.71 | 2.33 | 184.05 | 188.13 |
| 37.50 | 0.74 | 2.43 | 197.20 | 200.34 |
| 40.00 | 0.75 | 2.49 | 210.35 | 208.68 |
| 42.50 | 0.79 | 2.61 | 223.50 | 225.86 |
| 45.00 | 0.81 | 2.67 | 236.64 | 234.68 |
| 47.50 | 0.84 | 2.76 | 249.79 | 248.23 |
| 50.00 | 0.86 | 2.83 | 262.94 | 257.46 |
| 52.50 | 0.88 | 2.89 | 276.08 | 266.86 |
| 55.00 | 0.90 | 2.98 | 289.23 | 281.25 |
| 57.50 | 0.92 | 3.04 | 302.38 | 291.05 |
| 60.00 | 0.95 | 3.13 | 315.52 | 306.05 |
| 62.50 | 0.98 | 3.23 | 328.67 | 321.41 |
| 65.00 | 0.99 | 3.26 | 341.82 | 327.58 |
| 67.50 | 1.00 | 3.30 | 354.96 | 333.90 |
| 69.00 | 1.03 | 3.41 | 362.85 | 353.23 |
| 67.00 | 1.05 | 3.47 | 352.33 | 364.16 |
| 65.00 | 1.07 | 3.53 | 341.82 | 374.72 |
| Ecuación: | | Esf. = 21.401x ² + 30.613x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.9928 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 354.96 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 282607 | Norma E.060 | |
| | | 273265 | Gráfica | |

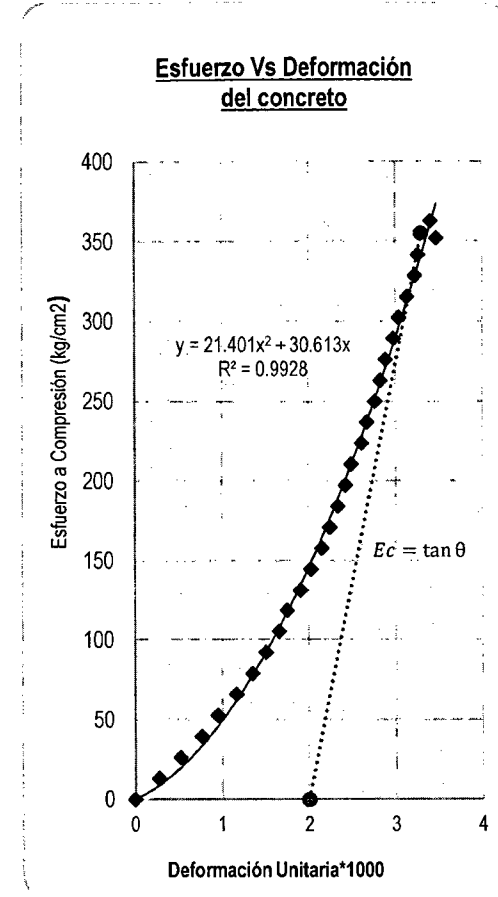


Gráfico B.3.2.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- Edad 28 días.

Cuadro B.3.3.- Ensayo de Resistencia a la compresión

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|--|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO) | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 23/10/20 14 | Edad (días): | | 28 |
| Fecha de rotura: | | 20/11/20 14 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.0 0 |
| Codigo | altura | Area | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP13 | 30.30 | 182.89 | 72000 | 393.67 | 2 |
| CP14 | 30.35 | 182.08 | 75000 | 411.91 | 2 |
| CP15 | 30.30 | 182.89 | 74500 | 407.34 | 4 |
| CP16 | 30.30 | 184.33 | 74000 | 401.44 | 5 |
| CP17 | 30.25 | 182.89 | 73500 | 401.87 | 5 |
| CP18 | 30.35 | 182.89 | 75000 | 410.07 | 5 |
| Prom. | 30.31 | 183.00 | 74000 | 404.39 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | | |
|---|----------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) | |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 2.50 | 0.08 | 0.26 | 13.87 | 16.92 | |
| 5.00 | 0.16 | 0.51 | 27.74 | 35.98 | |
| 7.50 | 0.20 | 0.67 | 41.61 | 48.99 | |
| 10.00 | 0.24 | 0.80 | 55.47 | 60.00 | |
| 12.50 | 0.29 | 0.96 | 69.34 | 74.51 | |
| 15.00 | 0.34 | 1.12 | 83.21 | 89.87 | |
| 17.50 | 0.38 | 1.25 | 97.08 | 102.75 | |
| 20.00 | 0.41 | 1.34 | 110.95 | 112.77 | |
| 22.50 | 0.44 | 1.44 | 124.82 | 123.09 | |
| 25.00 | 0.48 | 1.57 | 138.68 | 137.31 | |
| 27.50 | 0.52 | 1.73 | 152.55 | 155.85 | |
| 30.00 | 0.55 | 1.83 | 166.42 | 167.38 | |
| 32.50 | 0.58 | 1.92 | 180.29 | 179.20 | |
| 35.00 | 0.62 | 2.05 | 194.16 | 195.44 | |
| 37.50 | 0.67 | 2.21 | 208.03 | 216.49 | |
| 40.00 | 0.69 | 2.27 | 221.89 | 225.15 | |
| 42.50 | 0.71 | 2.34 | 235.76 | 233.94 | |
| 45.00 | 0.74 | 2.43 | 249.63 | 247.38 | |
| 47.50 | 0.76 | 2.50 | 263.50 | 256.50 | |
| 50.00 | 0.79 | 2.59 | 277.37 | 270.44 | |
| 52.50 | 0.82 | 2.72 | 291.24 | 289.50 | |
| 55.00 | 0.84 | 2.79 | 305.10 | 299.23 | |
| 57.50 | 0.86 | 2.85 | 318.97 | 309.09 | |
| 60.00 | 0.89 | 2.95 | 332.84 | 324.13 | |
| 62.50 | 0.92 | 3.04 | 346.71 | 339.48 | |
| 65.00 | 0.95 | 3.14 | 360.58 | 355.13 | |
| 67.50 | 0.98 | 3.23 | 374.45 | 371.08 | |
| 70.00 | 1.00 | 3.30 | 388.31 | 381.89 | |
| 72.50 | 1.02 | 3.36 | 402.18 | 392.82 | |
| 74.00 | 1.04 | 3.43 | 410.50 | 403.89 | |
| 72.00 | 1.05 | 3.47 | 399.41 | 412.28 | |
| 70.00 | 1.08 | 3.55 | 388.31 | 426.43 | |
| Ecuación: | | Esf.=16.352x ² + 61.862x | | | |
| Coef. de correlación | | R ² =0.9953 | | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 402.18 | | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 300817 | | Norma E.060 | |
| | | 295271 | | Gráfica | |

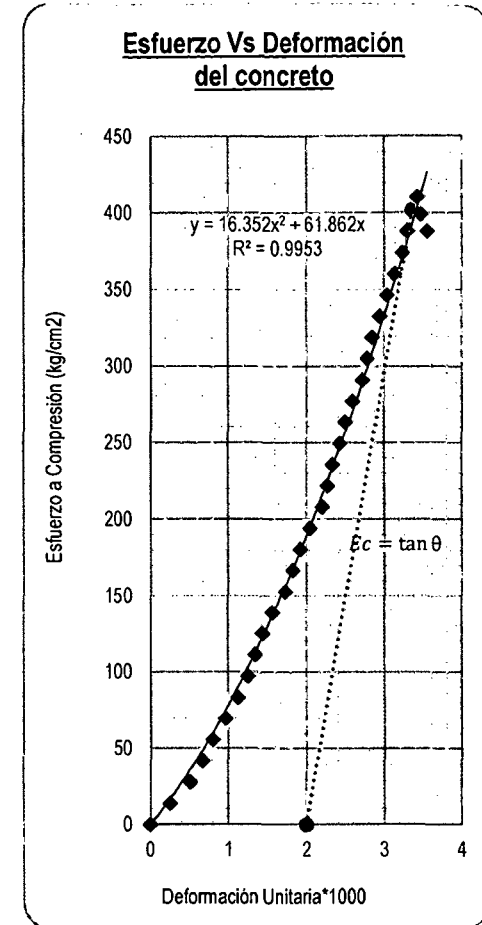


Gráfico B.3.3.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

a.2. Concreto con 0.6% de aditivo.

- Edad 7 días.

Cuadro B.3.4.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 0.6% ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 25/10/2014 | Edad (días): | | 7 |
| Fecha de rotura: | | 01/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Area | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP1 | 30.30 | 184.33468 | 65500 | 355.33 | 5 |
| CP2 | 30.32 | 182.41454 | 67000 | 367.30 | 4 |
| CP3 | 30.30 | 181.79266 | 64000 | 352.05 | 2 |
| CP4 | 30.25 | 182.0078 | 65000 | 357.13 | 2 |
| CP5 | 30.25 | 182.65401 | 65000 | 355.86 | 3 |
| CP6 | 30.25 | 181.93607 | 63500 | 349.02 | 5 |
| Prom. | 30.28 | 182.52 | 65000 | 356.12 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.27 | 13.70 | 17.00 |
| 5.00 | 0.17 | 0.55 | 27.39 | 36.02 |
| 7.50 | 0.22 | 0.72 | 41.09 | 48.93 |
| 10.00 | 0.26 | 0.86 | 54.79 | 59.82 |
| 12.50 | 0.31 | 1.03 | 68.49 | 74.14 |
| 15.00 | 0.36 | 1.20 | 82.18 | 89.24 |
| 17.50 | 0.40 | 1.34 | 95.88 | 101.89 |
| 20.00 | 0.44 | 1.44 | 109.58 | 111.71 |
| 22.50 | 0.47 | 1.54 | 123.27 | 121.81 |
| 25.00 | 0.51 | 1.68 | 136.97 | 135.72 |
| 27.50 | 0.56 | 1.85 | 150.67 | 153.81 |
| 30.00 | 0.59 | 1.95 | 164.37 | 165.05 |
| 32.50 | 0.62 | 2.06 | 178.06 | 176.56 |
| 35.00 | 0.66 | 2.19 | 191.76 | 192.36 |
| 37.50 | 0.71 | 2.33 | 205.46 | 208.80 |
| 40.00 | 0.74 | 2.43 | 219.15 | 221.21 |
| 42.50 | 0.76 | 2.50 | 232.85 | 229.73 |
| 45.00 | 0.79 | 2.60 | 246.55 | 242.76 |
| 47.50 | 0.81 | 2.67 | 260.25 | 251.60 |
| 50.00 | 0.84 | 2.77 | 273.94 | 265.09 |
| 52.50 | 0.88 | 2.91 | 287.64 | 283.53 |
| 55.00 | 0.90 | 2.98 | 301.34 | 292.93 |
| 57.50 | 0.92 | 3.05 | 315.03 | 302.46 |
| 60.00 | 0.95 | 3.15 | 328.73 | 317.00 |
| 62.50 | 0.99 | 3.25 | 342.43 | 331.81 |
| 65.00 | 1.02 | 3.36 | 356.13 | 346.91 |
| 63.00 | 1.05 | 3.46 | 345.17 | 362.29 |
| 61.00 | 1.07 | 3.52 | 334.21 | 370.96 |
| Ecuación: | | Esf=13.391x ² +58.3739x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.9923 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 356.13 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 283069 | Norma E.060 | |
| | | 272954 | Gráfica | |

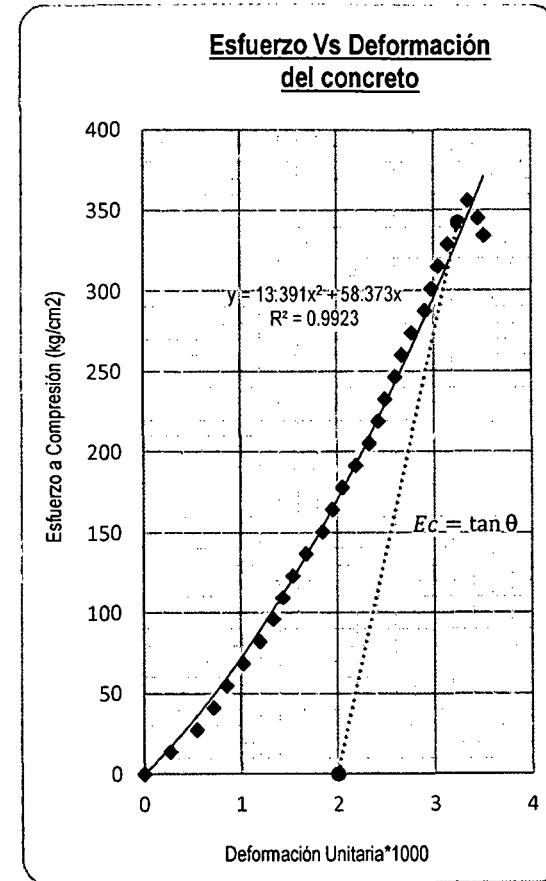


Gráfico B.3.4.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- Edad 14 días.

Cuadro B.3.5.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPECÍMEN CON 0.6% ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 25/10/2014 | Edad (días): | | 14 |
| Fecha de rotura: | | 08/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Área | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP7 | 30.30 | 183.25 | 71000 | 387.44 | 4 |
| CP8 | 30.35 | 180.50 | 76000 | 421.04 | 5 |
| CP9 | 30.30 | 182.01 | 75000 | 412.07 | 4 |
| CP10 | 30.25 | 181.05 | 71000 | 392.15 | 5 |
| CP11 | 30.25 | 181.46 | 73000 | 402.30 | 3 |
| CP12 | 30.30 | 181.70 | 72000 | 396.26 | 4 |
| Prom. | 30.29 | 181.66 | 73000 | 401.88 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.27 | 13.76 | 8.29 |
| 5.00 | 0.16 | 0.53 | 27.52 | 19.36 |
| 7.50 | 0.24 | 0.78 | 41.29 | 33.43 |
| 10.00 | 0.29 | 0.96 | 55.05 | 46.07 |
| 12.50 | 0.36 | 1.18 | 68.81 | 63.07 |
| 15.00 | 0.41 | 1.37 | 82.57 | 79.58 |
| 17.50 | 0.46 | 1.52 | 96.33 | 94.71 |
| 20.00 | 0.51 | 1.68 | 110.10 | 111.07 |
| 22.50 | 0.54 | 1.77 | 123.86 | 121.48 |
| 25.00 | 0.58 | 1.93 | 137.62 | 139.83 |
| 27.50 | 0.62 | 2.05 | 151.38 | 155.41 |
| 30.00 | 0.66 | 2.17 | 165.14 | 171.77 |
| 32.50 | 0.69 | 2.27 | 178.91 | 184.57 |
| 35.00 | 0.72 | 2.36 | 192.67 | 197.81 |
| 37.50 | 0.74 | 2.45 | 206.43 | 211.50 |
| 40.00 | 0.76 | 2.52 | 220.19 | 220.88 |
| 42.50 | 0.80 | 2.64 | 233.95 | 240.22 |
| 45.00 | 0.82 | 2.70 | 247.72 | 250.19 |
| 47.50 | 0.85 | 2.80 | 261.48 | 265.52 |
| 50.00 | 0.87 | 2.86 | 275.24 | 275.99 |
| 52.50 | 0.88 | 2.92 | 289.00 | 286.65 |
| 55.00 | 0.91 | 3.01 | 302.76 | 303.02 |
| 57.50 | 0.93 | 3.08 | 316.53 | 314.18 |
| 60.00 | 0.96 | 3.17 | 330.29 | 331.30 |
| 62.50 | 0.99 | 3.26 | 344.05 | 348.86 |
| 65.00 | 1.00 | 3.30 | 357.81 | 355.92 |
| 67.50 | 1.01 | 3.34 | 371.57 | 363.32 |
| 70.00 | 1.02 | 3.38 | 385.34 | 372.43 |
| 72.50 | 1.04 | 3.44 | 399.10 | 383.52 |
| 73.00 | 1.05 | 3.46 | 401.85 | 388.50 |
| 71.00 | 1.06 | 3.50 | 390.84 | 396.35 |
| 69.00 | 1.07 | 3.54 | 379.83 | 404.14 |
| Ecuación: | | Esf. = 25.716x ² + 23.075x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.9965 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 371.57 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 289144 | Norma E.060 | |
| | | 277312 | Gráfica | |

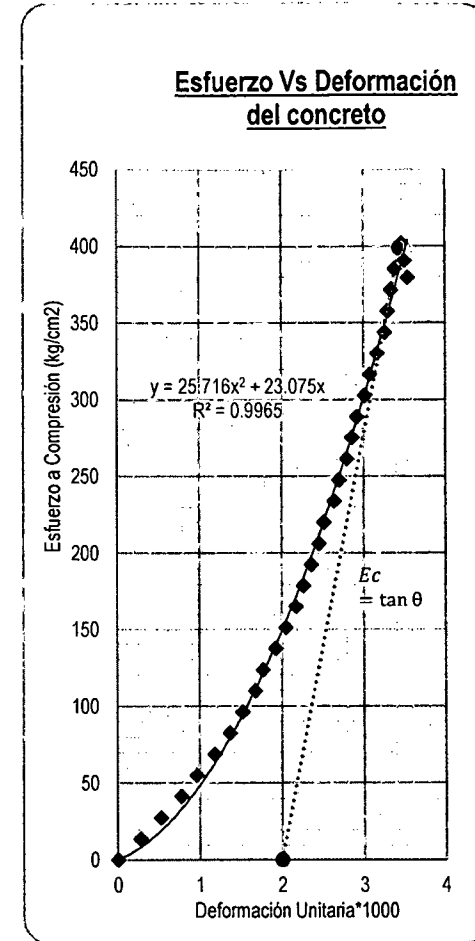


Gráfico B.3.5.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- Edad 28 días.

Cuadro B.3.6.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 0.6% DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 25/10/2014 | Edad (días): | | 28 |
| Fecha de rotura: | | 22/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Area | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP13 | 30.25 | 183.85 | 82500 | 448.73 | 5 |
| CP14 | 30.35 | 182.41 | 76500 | 419.37 | 2 |
| CP15 | 30.25 | 182.89 | 79500 | 434.68 | 2 |
| CP16 | 30.30 | 181.82 | 80000 | 440.00 | 4 |
| CP17 | 30.30 | 181.94 | 79500 | 436.97 | 5 |
| CP18 | 30.35 | 183.85 | 81500 | 443.29 | 5 |
| Prom. | 30.30 | 182.79 | 79917 | 437.17 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.25 | 13.68 | 15.98 |
| 5.00 | 0.15 | 0.50 | 27.35 | 34.27 |
| 7.50 | 0.20 | 0.66 | 41.03 | 46.87 |
| 10.00 | 0.24 | 0.78 | 54.71 | 57.60 |
| 12.50 | 0.29 | 0.94 | 68.38 | 71.82 |
| 15.00 | 0.33 | 1.10 | 82.06 | 86.94 |
| 17.50 | 0.37 | 1.22 | 95.74 | 99.69 |
| 20.00 | 0.40 | 1.32 | 109.42 | 109.63 |
| 22.50 | 0.43 | 1.41 | 123.09 | 119.90 |
| 25.00 | 0.47 | 1.54 | 136.77 | 134.09 |
| 27.50 | 0.51 | 1.69 | 150.45 | 152.63 |
| 30.00 | 0.54 | 1.79 | 164.12 | 164.20 |
| 32.50 | 0.57 | 1.88 | 177.80 | 176.08 |
| 35.00 | 0.61 | 2.01 | 191.48 | 192.43 |
| 37.50 | 0.66 | 2.17 | 205.15 | 213.69 |
| 40.00 | 0.68 | 2.23 | 218.83 | 222.44 |
| 42.50 | 0.69 | 2.29 | 232.51 | 231.34 |
| 45.00 | 0.72 | 2.39 | 246.18 | 244.95 |
| 47.50 | 0.74 | 2.45 | 259.86 | 254.21 |
| 50.00 | 0.77 | 2.54 | 273.54 | 268.37 |
| 52.50 | 0.81 | 2.67 | 287.21 | 287.75 |
| 55.00 | 0.83 | 2.73 | 300.89 | 297.65 |
| 57.50 | 0.85 | 2.79 | 314.57 | 307.70 |
| 60.00 | 0.87 | 2.89 | 328.25 | 323.05 |
| 62.50 | 0.90 | 2.98 | 341.92 | 338.72 |
| 65.00 | 0.93 | 3.08 | 355.60 | 354.71 |
| 67.50 | 0.96 | 3.17 | 369.28 | 371.03 |
| 70.00 | 0.98 | 3.23 | 382.95 | 382.09 |
| 72.50 | 1.00 | 3.30 | 396.63 | 393.30 |
| 75.00 | 1.02 | 3.36 | 410.31 | 404.64 |
| 77.50 | 1.03 | 3.41 | 423.98 | 413.25 |
| 79.00 | 1.04 | 3.44 | 432.19 | 420.61 |
| 77.00 | 1.06 | 3.50 | 421.25 | 430.84 |
| 75.00 | 1.08 | 3.56 | 410.31 | 441.80 |
| Ecuación: | | Esf.=18.299x ² + 59.057x | | |
| Coef. de correlación | | R ² =0.9972 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 423.98 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 308863 | Norma E.060 | |
| | | 301765 | Gráfica | |

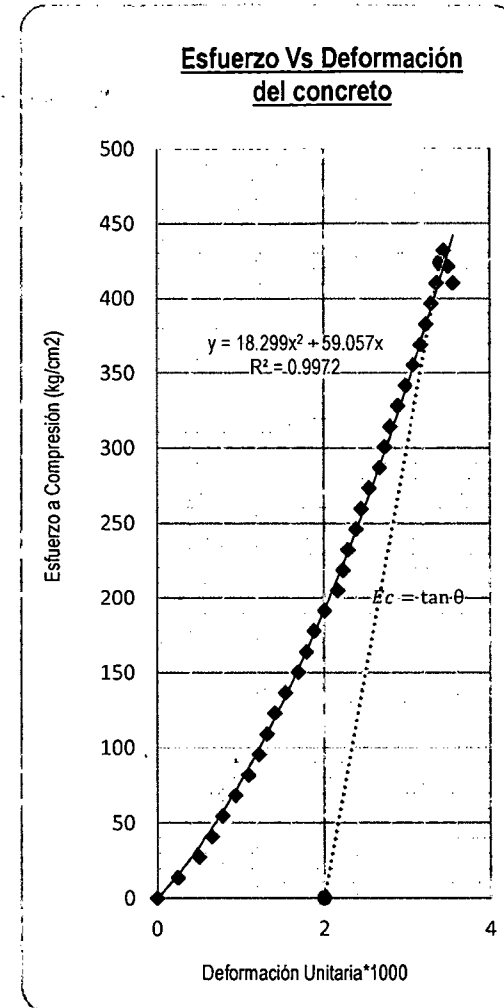


Gráfico B.3.6.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

a.3. Concreto con 1.00 % de aditivo.

- 7 días

Cuadro B.3.7.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 1.00% DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 25/10/2014 | Edad (días): | | 7 |
| Fecha de rotura: | | 01/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Código | altura (cm) | Área (cm ²) | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP1 | 30.20 | 181.94 | 68500 | 376.51 | 2 |
| CP2 | 30.30 | 183.61 | 69500 | 378.51 | 3 |
| CP3 | 30.30 | 181.46 | 69000 | 380.25 | 2 |
| CP4 | 30.35 | 181.94 | 66500 | 365.51 | 5 |
| CP5 | 30.20 | 184.82 | 70500 | 381.46 | 5 |
| CP6 | 30.25 | 182.18 | 67000 | 367.78 | 4 |
| Prom. | 30.27 | 182.66 | 68500 | 375.00 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.26 | 13.69 | 17.21 |
| 5.00 | 0.16 | 0.52 | 27.37 | 36.39 |
| 7.50 | 0.21 | 0.69 | 41.06 | 49.38 |
| 10.00 | 0.25 | 0.82 | 54.75 | 60.33 |
| 12.50 | 0.30 | 0.98 | 68.43 | 74.70 |
| 15.00 | 0.35 | 1.15 | 82.12 | 89.84 |
| 17.50 | 0.39 | 1.28 | 95.81 | 102.51 |
| 20.00 | 0.42 | 1.38 | 109.49 | 112.33 |
| 22.50 | 0.45 | 1.47 | 123.18 | 122.43 |
| 25.00 | 0.49 | 1.60 | 136.87 | 136.33 |
| 27.50 | 0.54 | 1.77 | 150.55 | 154.40 |
| 30.00 | 0.57 | 1.87 | 164.24 | 165.61 |
| 32.50 | 0.59 | 1.96 | 177.93 | 177.09 |
| 35.00 | 0.63 | 2.10 | 191.61 | 192.83 |
| 37.50 | 0.67 | 2.23 | 205.30 | 209.22 |
| 40.00 | 0.70 | 2.33 | 218.99 | 221.57 |
| 42.50 | 0.72 | 2.39 | 232.67 | 230.06 |
| 45.00 | 0.75 | 2.49 | 246.36 | 243.02 |
| 47.50 | 0.77 | 2.55 | 260.05 | 251.81 |
| 50.00 | 0.80 | 2.65 | 273.73 | 265.24 |
| 52.50 | 0.84 | 2.78 | 287.42 | 283.57 |
| 55.00 | 0.86 | 2.85 | 301.11 | 292.92 |
| 57.50 | 0.88 | 2.91 | 314.79 | 302.39 |
| 60.00 | 0.91 | 3.01 | 328.48 | 316.83 |
| 62.50 | 0.94 | 3.11 | 342.17 | 331.54 |
| 65.00 | 0.97 | 3.21 | 355.85 | 346.53 |
| 67.50 | 1.00 | 3.31 | 369.54 | 361.80 |
| 68.50 | 1.02 | 3.36 | 375.01 | 370.40 |
| 66.50 | 1.04 | 3.44 | 364.06 | 382.15 |
| 64.50 | 1.06 | 3.50 | 353.12 | 392.81 |
| Ecuación: | | Esf=14.344x ² +561.944x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.9928 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 375.01 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 290479 | Norma E.060 | |
| | | 282623 | Gráfica | |

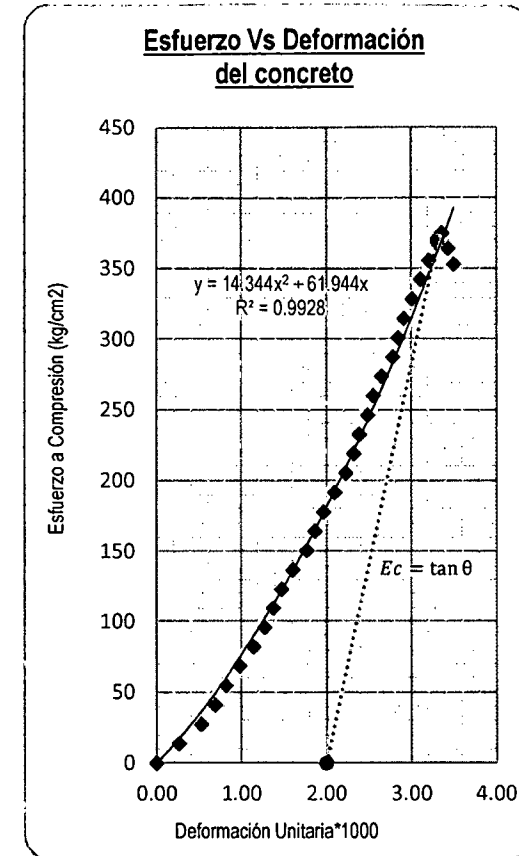


Gráfico B.3.7.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 14 días.

Cuadro B.3.8.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 1.00% DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 25/10/2014 | Edad (días): | | 14 |
| Fecha de rotura: | | 08/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Código | altura (cm) | Área (cm ²) | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP7 | 30.30 | 180.50 | 71000 | 393.34 | 5 |
| CP8 | 30.35 | 180.98 | 76500 | 422.70 | 5 |
| CP9 | 30.30 | 181.46 | 74500 | 410.56 | 5 |
| CP10 | 30.25 | 179.79 | 76500 | 425.49 | 2 |
| CP11 | 30.25 | 180.98 | 75500 | 417.17 | 4 |
| CP12 | 30.30 | 180.50 | 76000 | 421.04 | 2 |
| Prom. | 30.29 | 180.70 | 75000 | 415.05 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.04 | 0.14 | 13.84 | 17.20 |
| 5.00 | 0.08 | 0.27 | 27.67 | 34.30 |
| 7.50 | 0.12 | 0.41 | 41.51 | 51.30 |
| 10.00 | 0.16 | 0.54 | 55.34 | 68.19 |
| 12.50 | 0.21 | 0.68 | 69.18 | 84.97 |
| 15.00 | 0.24 | 0.79 | 83.01 | 98.08 |
| 17.50 | 0.27 | 0.89 | 96.85 | 111.12 |
| 20.00 | 0.30 | 1.00 | 110.68 | 124.10 |
| 22.50 | 0.34 | 1.11 | 124.52 | 137.01 |
| 25.00 | 0.37 | 1.22 | 138.35 | 149.86 |
| 27.50 | 0.40 | 1.31 | 152.19 | 161.51 |
| 30.00 | 0.43 | 1.41 | 166.02 | 173.10 |
| 32.50 | 0.46 | 1.51 | 179.86 | 184.65 |
| 35.00 | 0.49 | 1.60 | 193.69 | 196.14 |
| 37.50 | 0.52 | 1.70 | 207.53 | 207.57 |
| 40.00 | 0.55 | 1.80 | 221.36 | 219.57 |
| 42.50 | 0.58 | 1.91 | 235.20 | 231.52 |
| 45.00 | 0.61 | 2.01 | 249.03 | 243.40 |
| 47.50 | 0.64 | 2.11 | 262.87 | 255.22 |
| 50.00 | 0.67 | 2.22 | 276.70 | 266.99 |
| 52.50 | 0.71 | 2.33 | 290.54 | 280.30 |
| 55.00 | 0.74 | 2.45 | 304.37 | 293.53 |
| 57.50 | 0.78 | 2.57 | 318.21 | 306.69 |
| 60.00 | 0.81 | 2.68 | 332.04 | 319.77 |
| 62.50 | 0.85 | 2.80 | 345.88 | 332.78 |
| 65.00 | 0.89 | 2.94 | 359.71 | 348.40 |
| 67.50 | 0.93 | 3.08 | 373.55 | 363.90 |
| 70.00 | 0.98 | 3.22 | 387.38 | 379.29 |
| 72.50 | 1.02 | 3.36 | 401.22 | 394.57 |
| 75.00 | 1.06 | 3.50 | 415.05 | 409.74 |
| 73.00 | 1.09 | 3.60 | 403.98 | 420.23 |
| 71.00 | 1.13 | 3.74 | 392.92 | 434.83 |
| Ecuación: | | Esf.= -2.7964x ² + 126.72x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.991 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 415.05 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 305593 | Norma E.060 | |
| | | 294283 | Gráfica | |

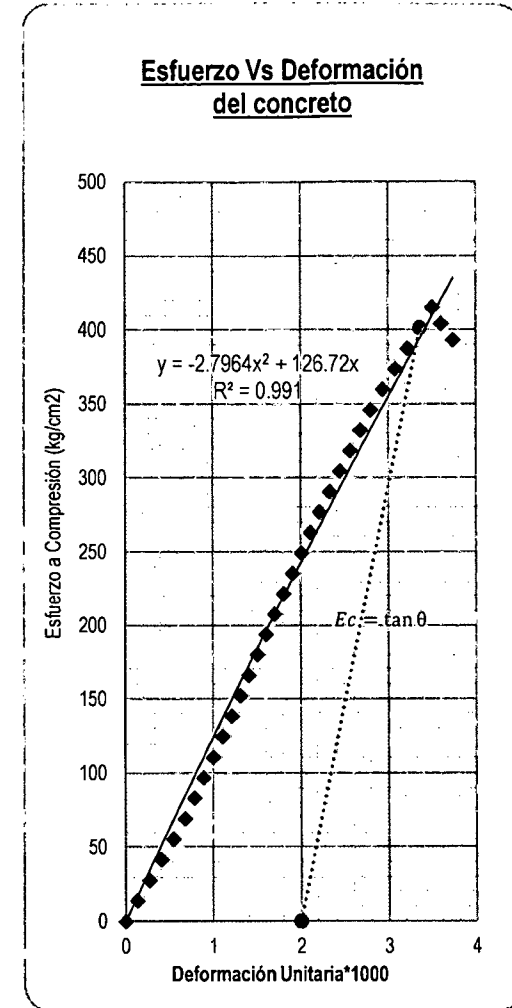


Gráfico B.3.8.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 28 días.

Cuadro B.3.9.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|--|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 1.00% DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 25/10/2014 | Edad (días): | | 28 |
| Fecha de rotura: | | 22/11/2014 | Resistencia f_c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Código | altura (cm) | Área (cm ²) | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP13 | 30.30 | 183.85 | 84500 | 459.60 | 5 |
| CP14 | 30.30 | 182.18 | 81000 | 444.63 | 5 |
| CP15 | 30.30 | 180.74 | 87000 | 481.35 | 4 |
| CP16 | 30.30 | 182.18 | 85000 | 466.58 | 2 |
| CP17 | 30.35 | 185.54 | 82000 | 441.95 | 5 |
| CP18 | 30.35 | 185.54 | 81500 | 439.26 | 3 |
| Prom. | 30.32 | 183.34 | 83500 | 455.56 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---------------------------------------|----------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.04 | 0.13 | 13.64 | 19.97 |
| 5.00 | 0.08 | 0.26 | 27.27 | 39.65 |
| 7.50 | 0.11 | 0.36 | 40.91 | 54.85 |
| 10.00 | 0.15 | 0.48 | 54.54 | 72.85 |
| 12.50 | 0.16 | 0.54 | 68.18 | 81.43 |
| 15.00 | 0.20 | 0.66 | 81.82 | 99.82 |
| 17.50 | 0.23 | 0.75 | 95.45 | 112.98 |
| 20.00 | 0.25 | 0.81 | 109.09 | 120.92 |
| 22.50 | 0.26 | 0.86 | 122.72 | 128.80 |
| 25.00 | 0.28 | 0.92 | 136.36 | 136.62 |
| 27.50 | 0.31 | 1.02 | 149.99 | 150.43 |
| 30.00 | 0.34 | 1.12 | 163.63 | 164.06 |
| 32.50 | 0.37 | 1.22 | 177.27 | 177.52 |
| 35.00 | 0.40 | 1.32 | 190.90 | 190.81 |
| 37.50 | 0.43 | 1.42 | 204.54 | 203.93 |
| 40.00 | 0.46 | 1.52 | 218.17 | 217.45 |
| 42.50 | 0.49 | 1.62 | 231.81 | 230.79 |
| 45.00 | 0.52 | 1.73 | 245.45 | 243.94 |
| 47.50 | 0.55 | 1.83 | 259.08 | 256.90 |
| 50.00 | 0.59 | 1.93 | 272.72 | 269.68 |
| 52.50 | 0.62 | 2.06 | 286.35 | 284.72 |
| 55.00 | 0.66 | 2.18 | 299.99 | 299.50 |
| 57.50 | 0.70 | 2.30 | 313.62 | 314.01 |
| 60.00 | 0.74 | 2.43 | 327.26 | 328.25 |
| 62.50 | 0.77 | 2.55 | 340.90 | 342.22 |
| 65.00 | 0.80 | 2.65 | 354.53 | 353.07 |
| 67.50 | 0.83 | 2.75 | 368.17 | 363.76 |
| 70.00 | 0.86 | 2.84 | 381.80 | 374.28 |
| 72.50 | 0.89 | 2.94 | 395.44 | 384.63 |
| 75.00 | 0.92 | 3.04 | 409.08 | 394.81 |
| 77.50 | 0.96 | 3.17 | 422.71 | 408.49 |
| 80.00 | 1.00 | 3.31 | 436.35 | 421.85 |
| 82.50 | 1.04 | 3.44 | 449.98 | 434.90 |
| 83.50 | 1.08 | 3.57 | 455.44 | 447.64 |
| 81.00 | 1.12 | 3.71 | 441.80 | 460.07 |
| 79.00 | 1.17 | 3.86 | 430.89 | 473.64 |
| Ecuación: | | Esf. = -8.743x ² + 156.48x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.9933 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 455.44 | | |

| | | |
|---|--------|-------------|
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | 320115 | Norma E.060 |
| | 312323 | Gráfica |

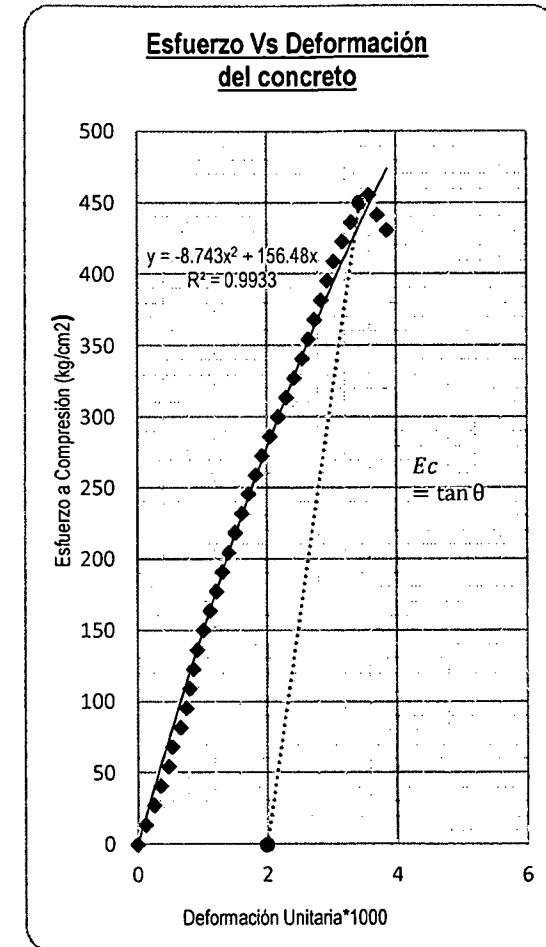


Gráfico B.3.9.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

a.4. Concreto con 1.50 % de aditivo.

- 7 días.

Cuadro B.3.10.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 1.50% DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 25/10/2014 | Edad (días): | | 7 |
| Fecha de rotura: | | 01/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Area | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP1 | 30.25 | 181.94 | 69000 | 379.25 | 5 |
| CP2 | 30.30 | 185.30 | 66500 | 358.88 | 5 |
| CP3 | 30.30 | 183.13 | 70500 | 384.97 | 2 |
| CP4 | 30.35 | 183.13 | 68000 | 371.31 | 2 |
| CP5 | 30.30 | 183.13 | 68500 | 374.04 | 5 |
| CP6 | 30.25 | 183.37 | 71500 | 389.91 | 5 |
| Prom. | 30.29 | 183.33 | 69000 | 376.40 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|---------------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.26 | 13.64 | 11.84 |
| 5.00 | 0.15 | 0.50 | 27.27 | 25.13 |
| 7.50 | 0.22 | 0.74 | 40.91 | 40.42 |
| 10.00 | 0.28 | 0.91 | 54.55 | 53.34 |
| 12.50 | 0.34 | 1.12 | 68.18 | 69.99 |
| 15.00 | 0.39 | 1.30 | 81.82 | 85.61 |
| 17.50 | 0.44 | 1.45 | 95.46 | 99.57 |
| 20.00 | 0.48 | 1.59 | 109.09 | 114.41 |
| 22.50 | 0.51 | 1.68 | 122.73 | 123.72 |
| 25.00 | 0.55 | 1.83 | 136.37 | 139.94 |
| 27.50 | 0.59 | 1.95 | 150.00 | 153.54 |
| 30.00 | 0.63 | 2.07 | 163.64 | 167.69 |
| 32.50 | 0.65 | 2.15 | 177.28 | 178.67 |
| 35.00 | 0.68 | 2.24 | 190.91 | 189.96 |
| 37.50 | 0.71 | 2.33 | 204.55 | 201.56 |
| 40.00 | 0.73 | 2.42 | 218.19 | 213.95 |
| 42.50 | 0.77 | 2.53 | 231.82 | 228.08 |
| 45.00 | 0.81 | 2.67 | 245.46 | 249.46 |
| 47.50 | 0.84 | 2.77 | 259.10 | 263.13 |
| 50.00 | 0.86 | 2.83 | 272.73 | 272.44 |
| 52.50 | 0.88 | 2.89 | 286.37 | 281.89 |
| 55.00 | 0.90 | 2.98 | 300.01 | 296.35 |
| 57.50 | 0.92 | 3.04 | 313.64 | 306.18 |
| 60.00 | 0.95 | 3.14 | 327.28 | 321.21 |
| 62.50 | 0.98 | 3.23 | 340.92 | 336.57 |
| 65.00 | 0.99 | 3.26 | 354.55 | 342.73 |
| 67.50 | 1.00 | 3.30 | 368.19 | 349.04 |
| 69.00 | 1.03 | 3.41 | 376.37 | 368.31 |
| 67.00 | 1.05 | 3.47 | 365.46 | 379.19 |
| 65.00 | 1.07 | 3.53 | 354.55 | 389.70 |
| Ecuación: | Esf. = 19.873x ² + 40.116x | | | |
| Coef. de correlación | R ² = 0.9946 | | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | 376.37 | | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | 291004 | | Norma E.060 | |
| | 282913 | | Gráfica | |

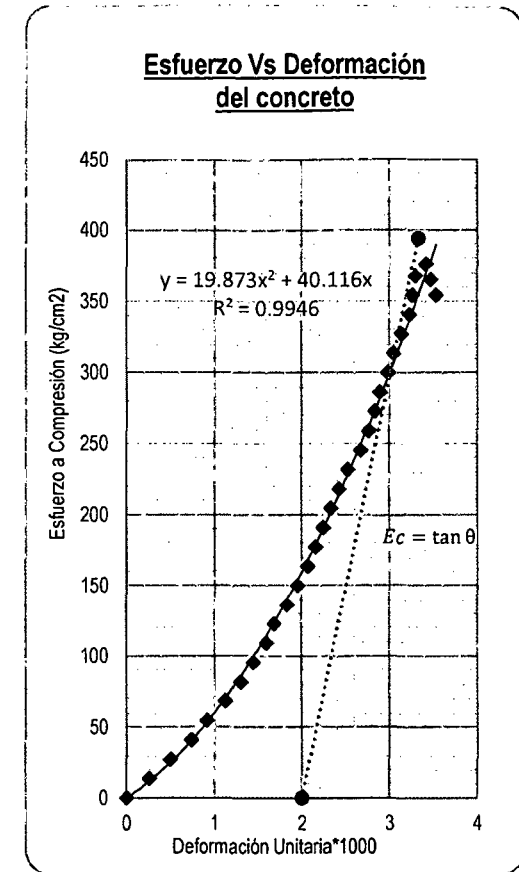


Gráfico B.3.10.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 14 días

Cuadro B.3.11.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 1.50% DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 25/10/2014 | Edad (días): | | 14 |
| Fecha de rotura: | | 08/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Area | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP7 | 30.30 | 180.98 | 78000 | 430.98 | 4 |
| CP8 | 30.35 | 182.18 | 79000 | 433.65 | 5 |
| CP9 | 30.30 | 180.27 | 76500 | 424.37 | 5 |
| CP10 | 30.30 | 179.79 | 78000 | 433.84 | 5 |
| CP11 | 30.35 | 182.18 | 76000 | 417.18 | 3 |
| CP12 | 30.30 | 180.50 | 77500 | 429.35 | 4 |
| Prom. | 30.32 | 180.98 | 77500 | 428.23 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---------------------------------------|----------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.26 | 13.15 | 9.24 |
| 5.00 | 0.15 | 0.49 | 26.29 | 20.23 |
| 7.50 | 0.22 | 0.72 | 39.44 | 33.32 |
| 10.00 | 0.27 | 0.90 | 52.59 | 44.65 |
| 12.50 | 0.33 | 1.10 | 65.73 | 59.50 |
| 15.00 | 0.39 | 1.27 | 78.88 | 73.62 |
| 17.50 | 0.43 | 1.42 | 92.03 | 86.37 |
| 20.00 | 0.47 | 1.56 | 105.17 | 100.01 |
| 22.50 | 0.50 | 1.65 | 118.32 | 108.63 |
| 25.00 | 0.54 | 1.79 | 131.47 | 123.71 |
| 27.50 | 0.58 | 1.91 | 144.61 | 136.42 |
| 30.00 | 0.61 | 2.02 | 157.76 | 149.70 |
| 32.50 | 0.65 | 2.13 | 170.91 | 162.62 |
| 35.00 | 0.67 | 2.22 | 184.05 | 173.47 |
| 37.50 | 0.70 | 2.31 | 197.20 | 184.65 |
| 40.00 | 0.72 | 2.37 | 210.35 | 192.28 |
| 42.50 | 0.75 | 2.48 | 223.50 | 207.99 |
| 45.00 | 0.77 | 2.54 | 236.64 | 216.06 |
| 47.50 | 0.80 | 2.63 | 249.79 | 228.44 |
| 50.00 | 0.81 | 2.69 | 262.94 | 236.88 |
| 52.50 | 0.83 | 2.75 | 276.08 | 245.46 |
| 55.00 | 0.86 | 2.83 | 289.23 | 258.61 |
| 57.50 | 0.88 | 2.89 | 302.38 | 267.56 |
| 60.00 | 0.90 | 2.98 | 315.52 | 281.26 |
| 62.50 | 0.93 | 3.07 | 328.67 | 295.28 |
| 65.00 | 0.94 | 3.10 | 341.82 | 300.91 |
| 67.50 | 0.95 | 3.14 | 354.96 | 306.68 |
| 70.00 | 0.98 | 3.24 | 368.11 | 324.32 |
| 72.50 | 1.00 | 3.30 | 381.26 | 334.29 |
| 75.00 | 1.01 | 3.33 | 394.40 | 339.02 |
| 77.50 | 1.02 | 3.40 | 407.55 | 350.80 |
| 75.50 | 1.04 | 3.44 | 397.03 | 359.40 |
| 73.50 | 1.07 | 3.51 | 386.52 | 371.79 |

| | |
|---|-------------------------------------|
| Ecuación: | Esf.=25.948x ² + 27.965x |
| Coef. de correlación | R ² = 0.9961 |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | 407.55 |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | 302818 Norma E.060 |
| | 296843 Gráfica |

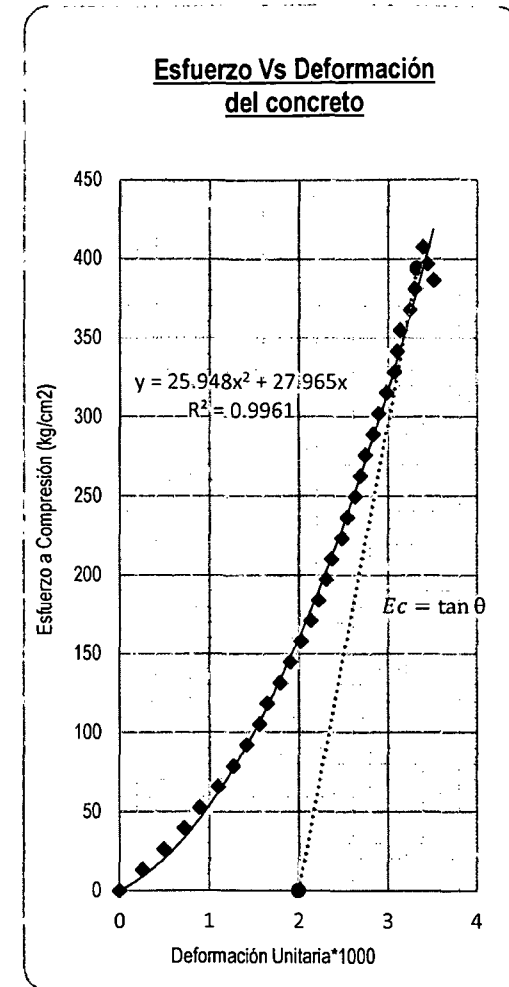


Gráfico B.3.11.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 28 días.

Cuadro B.3.12- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 1.50% DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 25/10/2014 | Edad (días): | | 28 |
| Fecha de rotura: | | 22/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Área | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP13 | 30.30 | 181.46 | 86000 | 473.94 | 2 |
| CP14 | 30.25 | 182.18 | 85000 | 466.58 | 2 |
| CP15 | 30.30 | 180.98 | 84000 | 464.14 | 4 |
| CP16 | 30.30 | 180.98 | 84500 | 466.90 | 5 |
| CP17 | 30.35 | 181.46 | 85500 | 471.18 | 5 |
| CP18 | 30.30 | 182.18 | 85000 | 466.58 | 5 |
| Prom. | 30.30 | 181.54 | 85000 | 468.22 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---------------------------------------|----------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.28 | 13.77 | 14.49 |
| 5.00 | 0.15 | 0.49 | 27.54 | 27.85 |
| 7.50 | 0.21 | 0.71 | 41.31 | 44.33 |
| 10.00 | 0.24 | 0.80 | 55.08 | 51.64 |
| 12.50 | 0.29 | 0.97 | 68.86 | 66.67 |
| 15.00 | 0.34 | 1.11 | 82.63 | 79.83 |
| 17.50 | 0.38 | 1.25 | 96.40 | 93.93 |
| 20.00 | 0.43 | 1.42 | 110.17 | 112.93 |
| 22.50 | 0.47 | 1.56 | 123.94 | 129.15 |
| 25.00 | 0.50 | 1.66 | 137.71 | 140.85 |
| 27.50 | 0.53 | 1.76 | 151.48 | 153.62 |
| 30.00 | 0.57 | 1.88 | 165.25 | 169.55 |
| 32.50 | 0.60 | 1.98 | 179.02 | 183.85 |
| 35.00 | 0.63 | 2.09 | 192.79 | 198.90 |
| 37.50 | 0.66 | 2.17 | 206.57 | 211.81 |
| 40.00 | 0.68 | 2.23 | 220.34 | 220.22 |
| 42.50 | 0.70 | 2.31 | 234.11 | 233.18 |
| 45.00 | 0.73 | 2.39 | 247.88 | 245.83 |
| 47.50 | 0.74 | 2.46 | 261.65 | 255.85 |
| 50.00 | 0.77 | 2.55 | 275.42 | 271.21 |
| 52.50 | 0.80 | 2.64 | 289.19 | 286.66 |
| 55.00 | 0.82 | 2.70 | 302.96 | 297.41 |
| 57.50 | 0.84 | 2.77 | 316.73 | 308.34 |
| 60.00 | 0.87 | 2.86 | 330.51 | 325.07 |
| 62.50 | 0.89 | 2.95 | 344.28 | 342.22 |
| 65.00 | 0.92 | 3.04 | 358.05 | 359.79 |
| 67.50 | 0.95 | 3.14 | 371.82 | 377.77 |
| 70.00 | 0.97 | 3.20 | 385.59 | 389.98 |
| 72.50 | 0.99 | 3.26 | 399.36 | 402.38 |
| 75.00 | 1.01 | 3.32 | 413.13 | 414.97 |
| 77.50 | 1.02 | 3.37 | 426.90 | 424.52 |
| 80.00 | 1.03 | 3.41 | 440.67 | 432.71 |
| 82.50 | 1.05 | 3.46 | 454.45 | 442.76 |
| 85.00 | 1.06 | 3.51 | 468.22 | 452.92 |
| 83.00 | 1.08 | 3.55 | 457.20 | 463.19 |
| 81.00 | 1.09 | 3.60 | 446.18 | 473.57 |
| Ecuación: | | Esf.=23.813x ² + 45.663x | | |
| Coef. de correlación | | R ² =0.9978 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 468.22 | | |

| | | |
|---|--------|-------------|
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | 324575 | Norma E.060 |
| | 311586 | Gráfica |

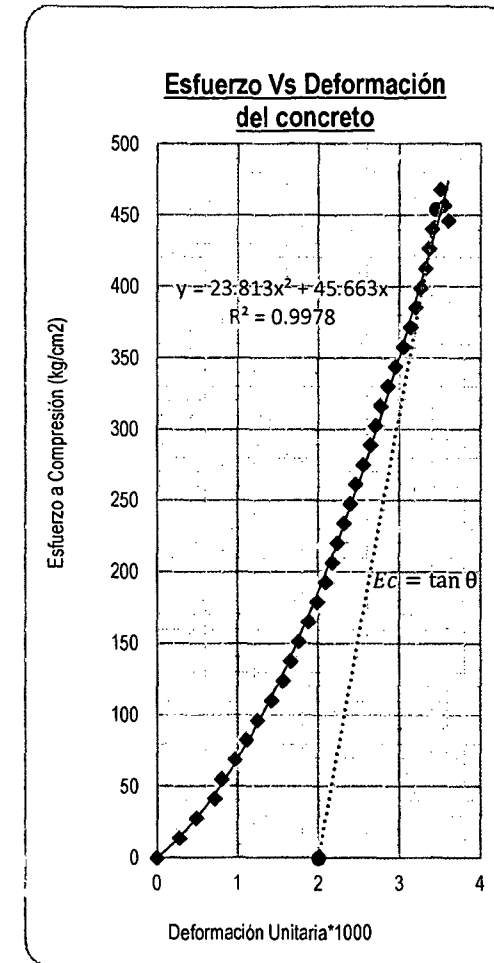


Gráfico B.3.12.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto.

a.5. Concreto con 2.00 % de aditivo.

- 7 días.

Cuadro B.3.13.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 2.00 % DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 25/10/2014 | Edad (días): | | 7 |
| Fecha de rotura: | | 01/11/2014 | Resistencia f'c (kg/cm2): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Area | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm2) | Tipo de Falla |
| CP1 | 30.30 | 181.70 | 58000 | 319.21 | 5 |
| CP2 | 30.30 | 185.06 | 58500 | 316.12 | 5 |
| CP3 | 30.35 | 183.13 | 56000 | 305.79 | 2 |
| CP4 | 30.40 | 183.13 | 59000 | 322.17 | 2 |
| CP5 | 30.25 | 183.13 | 57000 | 311.25 | 5 |
| CP6 | 30.25 | 183.37 | 57500 | 313.57 | 5 |
| Prom. | 30.31 | 183.25 | 57667 | 314.68 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------------------|-------------------|---------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm2) | Esf. Corr. (kg/cm2) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.05 | 0.18 | 13.84 | 22.40 |
| 5.00 | 0.11 | 0.35 | 27.67 | 44.63 |
| 7.50 | 0.16 | 0.53 | 41.51 | 66.68 |
| 10.00 | 0.22 | 0.71 | 55.34 | 88.55 |
| 12.50 | 0.27 | 0.89 | 69.18 | 110.25 |
| 15.00 | 0.31 | 1.04 | 83.01 | 128.35 |
| 17.50 | 0.35 | 1.17 | 96.85 | 143.96 |
| 20.00 | 0.39 | 1.29 | 110.68 | 158.52 |
| 22.50 | 0.44 | 1.44 | 124.52 | 177.23 |
| 25.00 | 0.48 | 1.58 | 138.35 | 193.70 |
| 27.50 | 0.52 | 1.71 | 152.19 | 208.62 |
| 30.00 | 0.56 | 1.84 | 166.02 | 223.44 |
| 32.50 | 0.60 | 1.96 | 179.86 | 238.17 |
| 35.00 | 0.63 | 2.09 | 193.69 | 252.81 |
| 37.50 | 0.67 | 2.22 | 207.53 | 267.36 |
| 40.00 | 0.71 | 2.35 | 221.36 | 282.61 |
| 42.50 | 0.75 | 2.49 | 235.20 | 297.75 |
| 45.00 | 0.79 | 2.62 | 249.03 | 312.80 |
| 47.50 | 0.83 | 2.75 | 262.87 | 327.74 |
| 50.00 | 0.87 | 2.89 | 276.70 | 342.58 |
| 52.50 | 0.92 | 3.04 | 290.54 | 359.35 |
| 55.00 | 0.97 | 3.19 | 304.37 | 375.98 |
| 57.60 | 1.01 | 3.34 | 318.76 | 392.48 |
| 55.00 | 1.06 | 3.50 | 304.37 | 408.86 |
| 53.00 | 1.11 | 3.65 | 293.30 | 425.10 |
| Ecuación: | | Esf. = 0.0185x ² + 91.18x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.9861 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm2) | | 318.76 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm2) | | 267808 | Norma E.060 | |
| | | 255379 | Gráfica | |

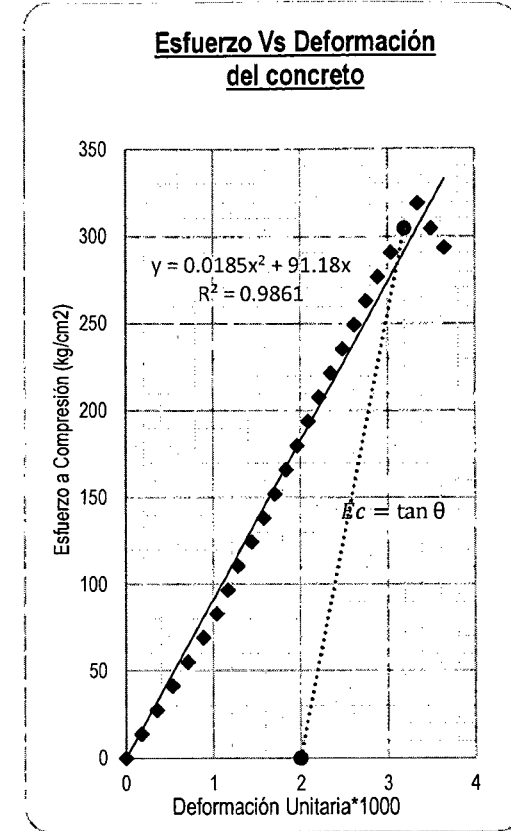


Gráfico B.3.13.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 14 días

Cuadro B.3.14.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|--|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 2.00 % DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 25/10/2014 | Edad (días): | | 14 |
| Fecha de rotura: | | 08/11/2014 | Resistencia f_c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Area | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP7 | 30.35 | 182.18 | 62000 | 340.33 | 4 |
| CP8 | 30.38 | 182.18 | 63000 | 345.82 | 5 |
| CP9 | 30.30 | 180.98 | 62000 | 342.58 | 5 |
| CP10 | 30.30 | 180.50 | 61500 | 340.71 | 5 |
| CP11 | 30.30 | 179.79 | 63400 | 352.63 | 3 |
| CP12 | 30.25 | 180.98 | 61000 | 337.05 | 4 |
| Prom. | 30.31 | 181.10 | 62150 | 343.19 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.05 | 0.16 | 13.80 | 16.55 |
| 5.00 | 0.10 | 0.33 | 27.61 | 33.05 |
| 7.50 | 0.15 | 0.49 | 41.41 | 49.51 |
| 10.00 | 0.20 | 0.66 | 55.22 | 65.92 |
| 12.50 | 0.25 | 0.82 | 69.02 | 82.29 |
| 15.00 | 0.29 | 0.95 | 82.83 | 95.11 |
| 17.50 | 0.33 | 1.08 | 96.63 | 107.91 |
| 20.00 | 0.37 | 1.21 | 110.44 | 120.67 |
| 22.50 | 0.41 | 1.34 | 124.24 | 133.41 |
| 25.00 | 0.45 | 1.47 | 138.05 | 146.12 |
| 27.50 | 0.48 | 1.59 | 151.85 | 157.68 |
| 30.00 | 0.52 | 1.71 | 165.65 | 169.21 |
| 32.50 | 0.55 | 1.83 | 179.46 | 180.72 |
| 35.00 | 0.59 | 1.94 | 193.26 | 192.21 |
| 37.50 | 0.62 | 2.06 | 207.07 | 203.68 |
| 40.00 | 0.66 | 2.19 | 220.87 | 215.74 |
| 42.50 | 0.70 | 2.31 | 234.68 | 227.78 |
| 45.00 | 0.74 | 2.43 | 248.48 | 239.79 |
| 47.50 | 0.78 | 2.56 | 262.29 | 251.78 |
| 50.00 | 0.81 | 2.68 | 276.09 | 263.75 |
| 52.50 | 0.86 | 2.82 | 289.90 | 277.32 |
| 55.00 | 0.90 | 2.97 | 303.70 | 290.87 |
| 57.50 | 0.94 | 3.11 | 317.50 | 304.38 |
| 60.00 | 0.98 | 3.25 | 331.31 | 317.86 |
| 62.50 | 1.03 | 3.39 | 345.11 | 331.31 |
| 60.00 | 1.08 | 3.56 | 331.31 | 347.52 |
| 58.00 | 1.13 | 3.73 | 320.27 | 363.69 |
| Ecuación: | | Esf. = -0.8086 + 100.47x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.9863 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 345.11 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 278658 | Norma E.060 | |
| | | 265318 | Gráfica | |

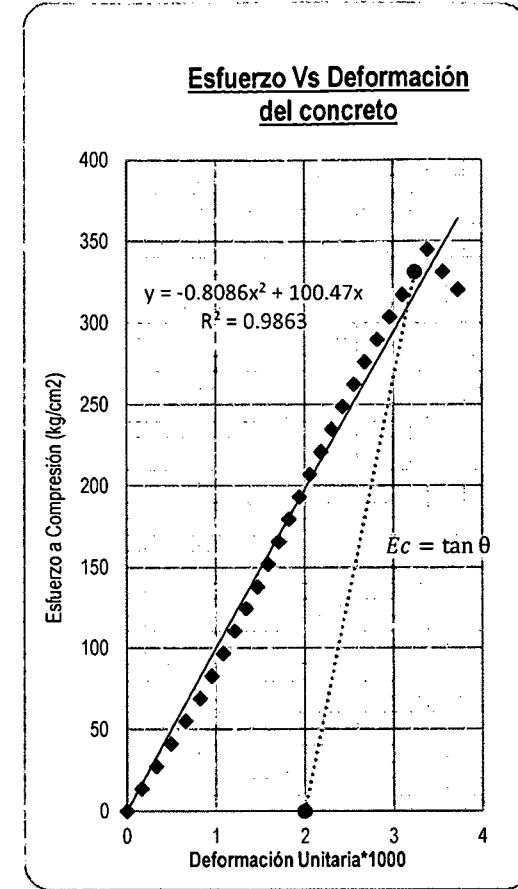


Gráfico B.3.14.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

28 días

Cuadro B.3.15.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------|-------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPECÍMEN CON 2.00 % DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Tipo V (ASTM C-150) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 25/10/2014 | Edad (días): | | 28 |
| Fecha de rotura: | | 22/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Area | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP13 | 30.25 | 181.46 | 69000 | 380.25 | 2 |
| CP14 | 30.30 | 181.46 | 70500 | 388.52 | 2 |
| CP15 | 30.30 | 182.18 | 68500 | 376.01 | 4 |
| CP16 | 30.30 | 180.98 | 70000 | 386.78 | 5 |
| CP17 | 30.25 | 180.98 | 67500 | 372.97 | 5 |
| CP18 | 30.35 | 182.18 | 68500 | 376.01 | 5 |
| Prom. | 30.29 | 181.54 | 69000 | 380.09 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|--|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.05 | 0.15 | 13.77 | 20.39 |
| 5.00 | 0.09 | 0.31 | 27.54 | 40.46 |
| 7.50 | 0.13 | 0.43 | 41.31 | 55.94 |
| 10.00 | 0.17 | 0.57 | 55.08 | 74.27 |
| 12.50 | 0.20 | 0.64 | 68.86 | 82.99 |
| 15.00 | 0.24 | 0.79 | 82.63 | 101.68 |
| 17.50 | 0.27 | 0.90 | 96.40 | 115.03 |
| 20.00 | 0.29 | 0.97 | 110.17 | 123.08 |
| 22.50 | 0.31 | 1.04 | 123.94 | 131.07 |
| 25.00 | 0.33 | 1.10 | 137.71 | 139.00 |
| 27.50 | 0.37 | 1.22 | 151.48 | 152.97 |
| 30.00 | 0.41 | 1.34 | 165.25 | 166.75 |
| 32.50 | 0.44 | 1.46 | 179.02 | 180.35 |
| 35.00 | 0.48 | 1.58 | 192.79 | 193.75 |
| 37.50 | 0.51 | 1.70 | 206.57 | 206.97 |
| 40.00 | 0.55 | 1.82 | 220.34 | 220.58 |
| 42.50 | 0.59 | 1.95 | 234.11 | 233.99 |
| 45.00 | 0.63 | 2.07 | 247.88 | 247.19 |
| 47.50 | 0.67 | 2.19 | 261.65 | 260.18 |
| 50.00 | 0.70 | 2.32 | 275.42 | 272.97 |
| 52.50 | 0.75 | 2.47 | 289.19 | 288.01 |
| 55.00 | 0.79 | 2.61 | 302.96 | 302.75 |
| 57.50 | 0.84 | 2.76 | 316.73 | 317.19 |
| 60.00 | 0.88 | 2.91 | 330.51 | 331.35 |
| 62.50 | 0.93 | 3.06 | 344.28 | 345.20 |
| 65.00 | 0.96 | 3.18 | 358.05 | 355.95 |
| 67.50 | 1.00 | 3.29 | 371.82 | 366.50 |
| 69.00 | 1.03 | 3.41 | 380.08 | 376.88 |
| 67.00 | 1.07 | 3.53 | 369.06 | 387.07 |
| 65.00 | 1.11 | 3.65 | 358.05 | 397.08 |
| Ecuación: | | Esf. = -6.4186x ² + 130.66x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.9922 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 380.08 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 292435 | Norma E.060 | |
| | | 287460 | Gráfica | |

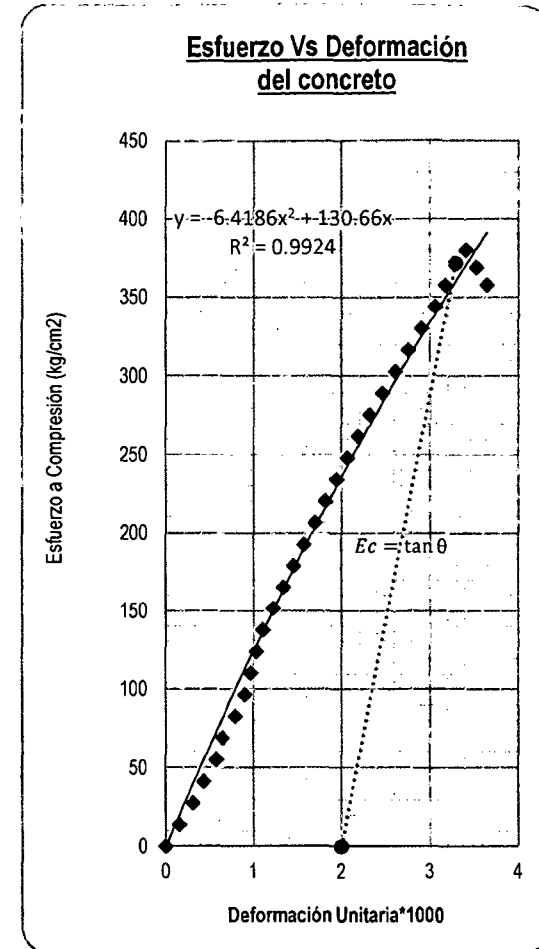


Gráfico B.3.15.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

B. ELABORADO CON CEMENTO MS(MH)R

b.1. Concreto patrón.

- 7 días.

Cuadro B.3.16.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-----------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO) | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 27/10/20 14 | Edad (días): | | 7 |
| Fecha de rotura: | | 03/11/20 14 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Código | altura | Área | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP1 | 30.25 | 177.42 | 51000 | 287.45 | 5 |
| CP2 | 30.35 | 183.65 | 54000 | 294.03 | 5 |
| CP3 | 30.30 | 182.65 | 53500 | 292.90 | 2 |
| CP4 | 30.45 | 185.44 | 52000 | 280.41 | 2 |
| CP5 | 30.20 | 186.14 | 55000 | 295.47 | 5 |
| CP6 | 30.25 | 179.32 | 52500 | 292.78 | 5 |
| Prom. | 30.30 | 182.44 | 53000 | 290.51 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.09 | 0.30 | 13.70 | 19.55 |
| 5.00 | 0.14 | 0.45 | 27.41 | 29.83 |
| 7.50 | 0.18 | 0.60 | 41.11 | 40.43 |
| 10.00 | 0.23 | 0.75 | 54.81 | 51.37 |
| 12.50 | 0.29 | 0.96 | 68.52 | 67.23 |
| 15.00 | 0.35 | 1.14 | 82.22 | 81.35 |
| 17.50 | 0.41 | 1.36 | 95.92 | 98.42 |
| 20.00 | 0.45 | 1.48 | 109.63 | 108.46 |
| 22.50 | 0.50 | 1.66 | 123.33 | 123.92 |
| 25.00 | 0.55 | 1.81 | 137.03 | 137.17 |
| 27.50 | 0.60 | 1.99 | 150.73 | 153.51 |
| 30.00 | 0.64 | 2.11 | 164.44 | 164.67 |
| 32.50 | 0.68 | 2.26 | 178.14 | 178.91 |
| 35.00 | 0.74 | 2.44 | 191.84 | 196.44 |
| 37.50 | 0.77 | 2.53 | 205.55 | 205.38 |
| 40.00 | 0.82 | 2.71 | 219.25 | 223.62 |
| 42.50 | 0.84 | 2.77 | 232.95 | 229.81 |
| 45.00 | 0.89 | 2.92 | 246.66 | 245.51 |
| 47.50 | 0.91 | 3.01 | 260.36 | 255.08 |
| 50.00 | 0.94 | 3.10 | 274.06 | 264.78 |
| 52.50 | 0.96 | 3.18 | 287.77 | 272.95 |
| 53.00 | 0.99 | 3.25 | 290.51 | 281.21 |
| 51.00 | 1.00 | 3.31 | 279.54 | 287.87 |
| 49.00 | 1.01 | 3.34 | 268.58 | 291.22 |
| Ecuación: | | Esf.= 7.2958x ² + 62.744x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.9948 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 290.51 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 255664 | Norma E.060 | |
| | | 244539 | Gráfica | |

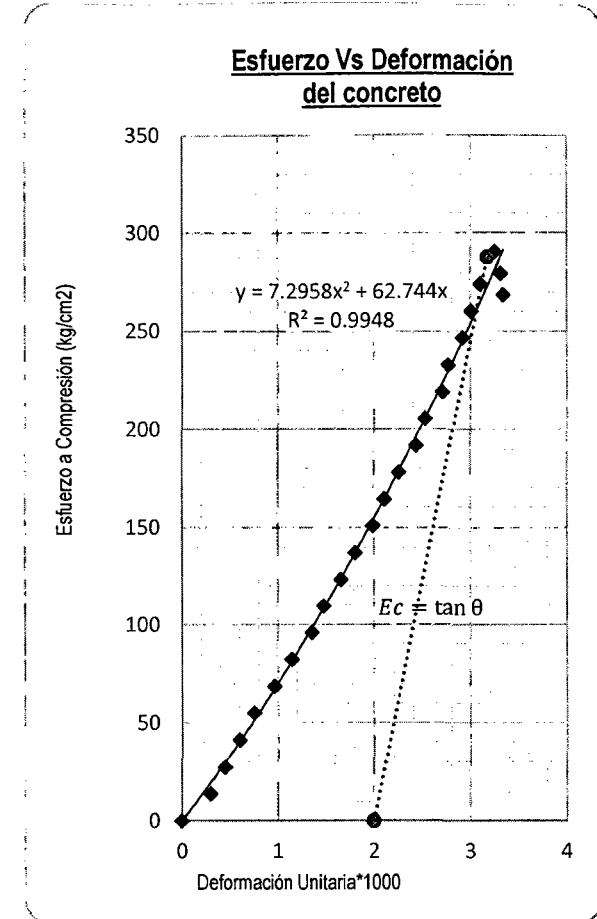


Gráfico B.3.16.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 14 días.

Cuadro B.3.17.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-----------------------------------|--|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO) | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 27/10/2014 | Edad (días): | | 14 |
| Fecha de rotura: | | 10/11/2014 | Resistencia f_c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Código | altura | Área | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP7 | 30.30 | 190.64 | 66500 | 348.82 | 5 |
| CP8 | 30.38 | 188.21 | 65000 | 345.37 | 5 |
| CP9 | 30.30 | 187.23 | 67000 | 357.84 | 2 |
| CP10 | 30.40 | 190.16 | 65500 | 344.46 | 5 |
| CP11 | 30.25 | 193.35 | 66000 | 341.36 | 5 |
| CP12 | 30.25 | 191.38 | 67500 | 352.70 | 3 |
| Prom. | 30.31 | 190.16 | 66250 | 348.42 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.06 | 0.21 | 0.00 | 6.62 |
| 2.50 | 0.12 | 0.41 | 13.15 | 14.80 |
| 5.00 | 0.18 | 0.60 | 26.29 | 24.37 |
| 7.50 | 0.24 | 0.79 | 39.44 | 35.15 |
| 10.00 | 0.29 | 0.97 | 52.59 | 46.99 |
| 12.50 | 0.35 | 1.14 | 65.73 | 59.70 |
| 15.00 | 0.40 | 1.31 | 78.88 | 73.16 |
| 17.50 | 0.44 | 1.47 | 92.03 | 87.19 |
| 20.00 | 0.49 | 1.62 | 105.17 | 101.67 |
| 22.50 | 0.54 | 1.77 | 118.32 | 116.46 |
| 25.00 | 0.58 | 1.91 | 131.47 | 131.43 |
| 27.50 | 0.62 | 2.04 | 144.61 | 146.45 |
| 30.00 | 0.66 | 2.16 | 157.76 | 161.41 |
| 32.50 | 0.69 | 2.28 | 170.91 | 176.19 |
| 35.00 | 0.73 | 2.39 | 184.05 | 190.69 |
| 37.50 | 0.76 | 2.50 | 197.20 | 204.80 |
| 40.00 | 0.79 | 2.60 | 210.35 | 218.45 |
| 42.50 | 0.82 | 2.69 | 223.50 | 231.53 |
| 45.00 | 0.84 | 2.78 | 236.64 | 243.96 |
| 47.50 | 0.86 | 2.85 | 249.79 | 255.68 |
| 50.00 | 0.89 | 2.92 | 262.94 | 266.61 |
| 52.50 | 0.91 | 2.99 | 276.08 | 276.69 |
| 55.00 | 0.92 | 3.05 | 289.23 | 285.85 |
| 57.50 | 0.94 | 3.10 | 302.38 | 295.12 |
| 60.00 | 0.96 | 3.16 | 315.52 | 304.49 |
| 62.50 | 0.98 | 3.22 | 328.67 | 313.95 |
| 65.00 | 0.99 | 3.27 | 341.82 | 323.51 |
| 66.25 | 1.01 | 3.33 | 348.39 | 333.16 |
| 64.00 | 1.03 | 3.39 | 336.56 | 342.90 |
| 62.00 | 1.04 | 3.44 | 326.04 | 352.73 |
| Ecuación: | | Esf. = 21.8x ² + 27.418x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.9935 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 348.39 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 279978 Norma E.060 | | |
| | | 268219 Gráfica | | |

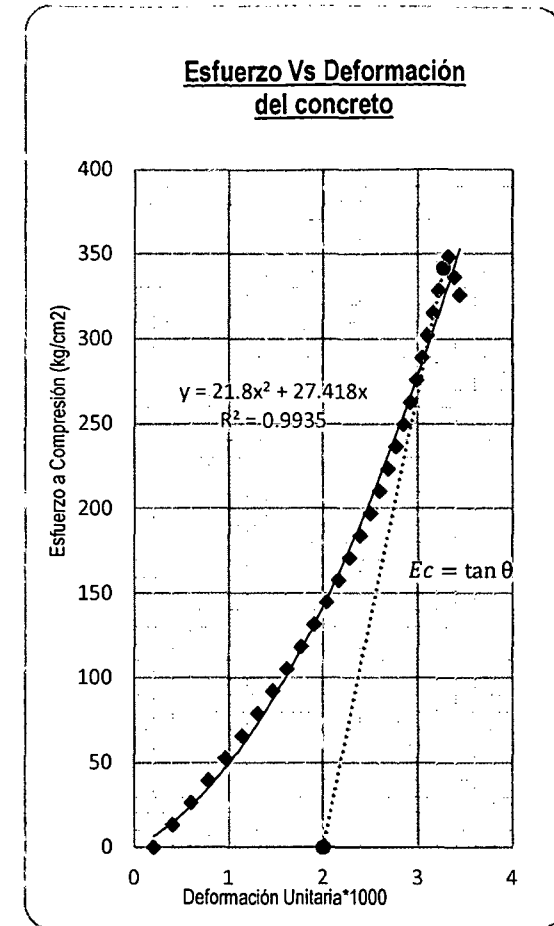


Gráfico B.3.17.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 28 días.

Cuadro B.3.18.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO) | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 27/10/2014 | Edad (días): | | 28 |
| Fecha de rotura: | | 24/11/2014 | Resistencia f'c (kg/cm2): | | 350.00 |
| Código | altura | Área | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm2) | Tipo de Falla |
| CP13 | 30.30 | 182.89 | 81000 | 442.88 | 5 |
| CP14 | 30.35 | 182.08 | 79000 | 433.88 | 2 |
| CP15 | 30.30 | 182.89 | 81000 | 442.88 | 2 |
| CP16 | 30.30 | 184.33 | 82000 | 444.84 | 5 |
| CP17 | 30.25 | 182.89 | 79500 | 434.68 | 5 |
| CP18 | 30.35 | 182.89 | 79000 | 431.95 | 3 |
| Prom. | 30.31 | 183.00 | 80250 | 438.52 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---------------------------------------|----------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm2) | Esf. Corr. (kg/cm2) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.25 | 13.66 | 16.68 |
| 5.00 | 0.15 | 0.51 | 27.32 | 35.44 |
| 7.50 | 0.20 | 0.66 | 40.98 | 48.23 |
| 10.00 | 0.24 | 0.79 | 54.64 | 59.05 |
| 12.50 | 0.29 | 0.95 | 68.31 | 73.31 |
| 15.00 | 0.33 | 1.11 | 81.97 | 88.38 |
| 17.50 | 0.37 | 1.23 | 95.63 | 101.03 |
| 20.00 | 0.40 | 1.33 | 109.29 | 110.85 |
| 22.50 | 0.43 | 1.42 | 122.95 | 120.97 |
| 25.00 | 0.47 | 1.55 | 136.61 | 134.93 |
| 27.50 | 0.51 | 1.71 | 150.27 | 153.10 |
| 30.00 | 0.54 | 1.80 | 163.93 | 164.39 |
| 32.50 | 0.57 | 1.90 | 177.60 | 175.98 |
| 35.00 | 0.61 | 2.02 | 191.26 | 191.89 |
| 37.50 | 0.66 | 2.18 | 204.92 | 212.51 |
| 40.00 | 0.68 | 2.24 | 218.58 | 220.99 |
| 42.50 | 0.69 | 2.31 | 232.24 | 229.60 |
| 45.00 | 0.72 | 2.40 | 245.90 | 242.75 |
| 47.50 | 0.74 | 2.46 | 259.56 | 251.69 |
| 50.00 | 0.77 | 2.56 | 273.22 | 265.33 |
| 52.50 | 0.81 | 2.68 | 286.89 | 283.98 |
| 55.00 | 0.83 | 2.75 | 300.55 | 293.50 |
| 57.50 | 0.85 | 2.81 | 314.21 | 303.15 |
| 60.00 | 0.87 | 2.91 | 327.87 | 317.87 |
| 62.50 | 0.90 | 3.00 | 341.53 | 332.89 |
| 65.00 | 0.93 | 3.10 | 355.19 | 348.20 |
| 67.50 | 0.96 | 3.19 | 368.85 | 363.80 |
| 70.00 | 0.98 | 3.25 | 382.51 | 374.37 |
| 72.50 | 1.00 | 3.32 | 396.17 | 385.06 |
| 75.00 | 1.02 | 3.38 | 409.84 | 395.89 |
| 77.50 | 1.03 | 3.43 | 423.50 | 404.09 |
| 80.00 | 1.06 | 3.51 | 437.16 | 417.93 |
| 80.25 | 1.07 | 3.57 | 438.52 | 428.38 |
| 78.00 | 1.09 | 3.61 | 426.23 | 437.13 |
| 76.00 | 1.10 | 3.66 | 415.30 | 444.78 |
| Ecuación: | | Esf.=17.317x2 + 60.351x | | |
| Coef. de correlación | | R² =0.9961 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm2) | | 438.52 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm2) | | 314115 | Norma E.060 | |
| | | 290228 | Gráfica | |

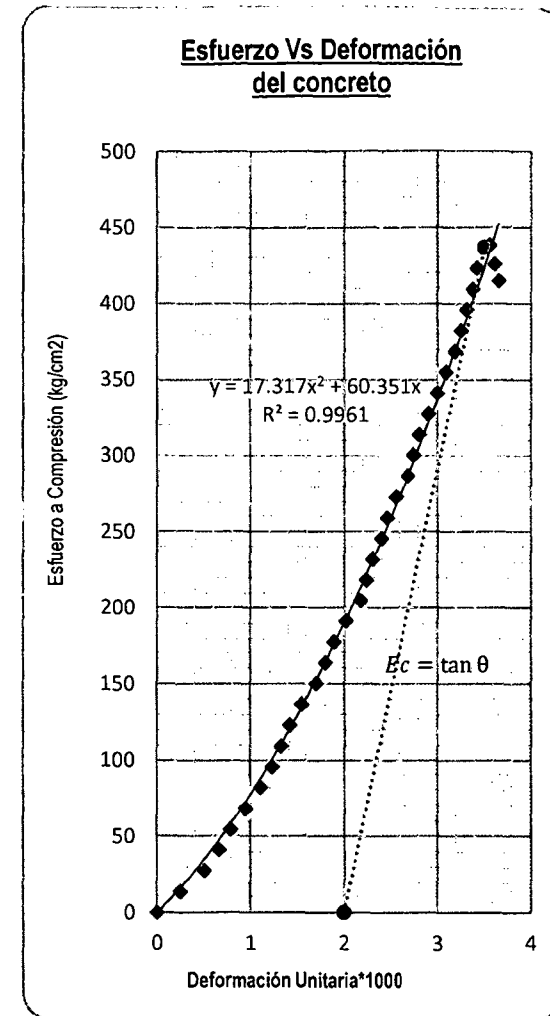


Gráfico B.3.18.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

b.2. Concreto con 0.60 % de aditivo.
- 7 días.

Cuadro B.3.19.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 0.6% DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 27/10/2014 | Edad (días): | | 7 |
| Fecha de rotura: | | 03/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Código | altura | Área | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP1 | 30.25 | 184.33 | 54000 | 292.95 | 2 |
| CP2 | 30.35 | 182.41 | 53000 | 290.55 | 4 |
| CP3 | 30.30 | 181.79 | 54000 | 297.04 | 5 |
| CP4 | 30.45 | 182.01 | 55000 | 302.18 | 5 |
| CP5 | 30.20 | 182.65 | 55500 | 303.85 | 2 |
| CP6 | 30.25 | 181.94 | 52500 | 288.56 | 3 |
| Prom. | 30.30 | 182.52 | 54000 | 295.86 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.09 | 0.30 | 13.70 | 17.24 |
| 5.00 | 0.18 | 0.59 | 27.39 | 36.33 |
| 7.50 | 0.24 | 0.78 | 41.09 | 49.20 |
| 10.00 | 0.28 | 0.92 | 54.79 | 60.02 |
| 12.50 | 0.34 | 1.11 | 68.49 | 74.19 |
| 15.00 | 0.39 | 1.29 | 82.18 | 89.09 |
| 17.50 | 0.44 | 1.44 | 95.88 | 101.53 |
| 20.00 | 0.47 | 1.55 | 109.58 | 111.16 |
| 22.50 | 0.50 | 1.66 | 123.27 | 121.06 |
| 25.00 | 0.55 | 1.81 | 136.97 | 134.65 |
| 27.50 | 0.60 | 2.00 | 150.67 | 152.30 |
| 30.00 | 0.64 | 2.11 | 164.37 | 163.24 |
| 32.50 | 0.67 | 2.22 | 178.06 | 174.43 |
| 35.00 | 0.72 | 2.37 | 191.76 | 189.76 |
| 37.50 | 0.76 | 2.52 | 205.46 | 205.70 |
| 40.00 | 0.80 | 2.63 | 219.15 | 217.71 |
| 42.50 | 0.82 | 2.70 | 232.85 | 225.96 |
| 45.00 | 0.85 | 2.81 | 246.55 | 238.54 |
| 47.50 | 0.87 | 2.88 | 260.25 | 247.08 |
| 50.00 | 0.91 | 2.99 | 273.94 | 260.10 |
| 52.50 | 0.95 | 3.14 | 287.64 | 277.86 |
| 54.00 | 0.97 | 3.22 | 295.86 | 286.91 |
| 52.00 | 1.00 | 3.29 | 284.90 | 296.09 |
| 50.00 | 1.03 | 3.40 | 273.94 | 310.06 |
| Ecuación: | | Esf=10.584x ² +55.147x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.989 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 3.22 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 26903 | Norma E.060 | |
| | | 251692 | Gráfica | |

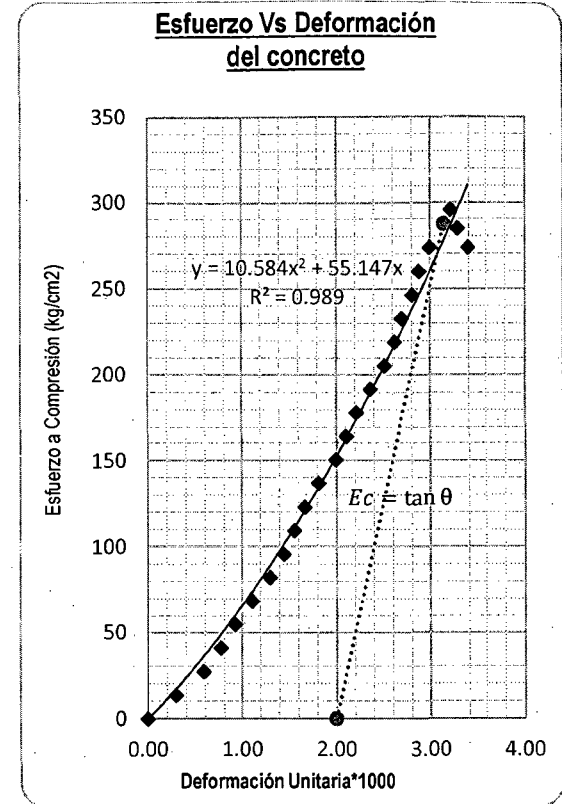


Gráfico B.3.19.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 14 días.

Cuadro B.3..20.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-----------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 0.6% DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 27/10/2014 | Edad (días): | | 14 |
| Fecha de rotura: | | 10/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Area | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP7 | 30.30 | 183.25 | 66500 | 362.89 | 5 |
| CP8 | 30.38 | 180.50 | 65000 | 360.10 | 5 |
| CP9 | 30.30 | 182.01 | 67000 | 368.12 | 5 |
| CP10 | 30.40 | 181.05 | 65500 | 361.77 | 5 |
| CP11 | 30.25 | 181.46 | 66500 | 366.48 | 2 |
| CP12 | 30.25 | 181.70 | 64500 | 354.99 | 4 |
| Prom. | 30.31 | 181.66 | 65833 | 362.39 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.25 | 13.76 | 9.32 |
| 5.00 | 0.14 | 0.45 | 27.52 | 18.81 |
| 7.50 | 0.21 | 0.70 | 41.29 | 32.64 |
| 10.00 | 0.29 | 0.94 | 55.05 | 49.31 |
| 12.50 | 0.34 | 1.13 | 68.81 | 63.49 |
| 15.00 | 0.39 | 1.29 | 82.57 | 76.70 |
| 17.50 | 0.44 | 1.45 | 96.33 | 91.30 |
| 20.00 | 0.49 | 1.63 | 110.10 | 109.51 |
| 22.50 | 0.53 | 1.76 | 123.86 | 122.73 |
| 25.00 | 0.57 | 1.88 | 137.62 | 136.63 |
| 27.50 | 0.62 | 2.04 | 151.38 | 154.97 |
| 30.00 | 0.66 | 2.16 | 165.14 | 170.41 |
| 32.50 | 0.68 | 2.26 | 178.91 | 182.44 |
| 35.00 | 0.71 | 2.35 | 192.67 | 194.86 |
| 37.50 | 0.75 | 2.47 | 206.43 | 211.52 |
| 40.00 | 0.77 | 2.54 | 220.19 | 221.34 |
| 42.50 | 0.82 | 2.70 | 233.95 | 244.19 |
| 45.00 | 0.85 | 2.81 | 247.72 | 261.10 |
| 47.50 | 0.87 | 2.89 | 261.48 | 273.03 |
| 50.00 | 0.90 | 2.98 | 275.24 | 296.77 |
| 52.50 | 0.92 | 3.04 | 289.00 | 307.92 |
| 55.00 | 0.93 | 3.07 | 302.76 | 313.57 |
| 57.50 | 0.95 | 3.13 | 316.53 | 325.03 |
| 60.00 | 0.96 | 3.18 | 330.29 | 333.42 |
| 62.50 | 0.98 | 3.23 | 344.05 | 341.93 |
| 65.83 | 1.00 | 3.27 | 362.40 | 350.54 |
| 63.00 | 1.00 | 3.32 | 346.80 | 359.25 |
| 61.00 | 1.02 | 3.36 | 335.79 | 368.75 |
| Ecuación: | | Esf. = 21.506x ² + 32.172x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.9936 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 362.40 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 285551 | | Norma E.060 |
| | | 280798 | | Gráfica |

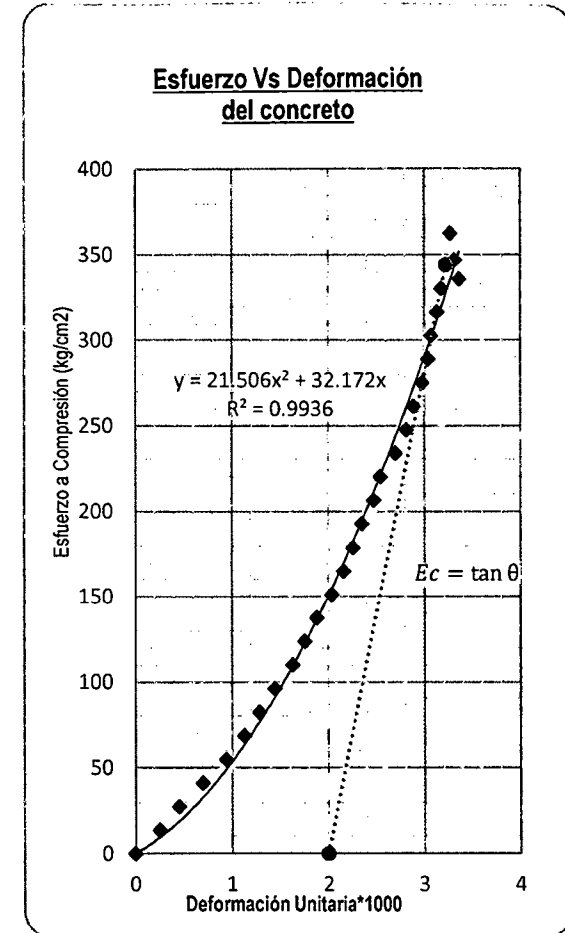


Gráfico B.3.20.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 28 días.

Cuadro B.3.21.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ESPÉCIMEN CON 0.6% DE ADITIVO | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|---|--------------|--------------------------------|---------------|
| Cemento: | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | | |
| Fecha de elaboración: | 27/10/2014 | Edad (días): | 28 | | |
| Fecha de rotura: | 24/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | 350.00 | | |
| Código | altura | área | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP13 | 30.30 | 182.75 | 76000 | 415.86 | 2 |
| CP14 | 30.35 | 182.41 | 76500 | 419.37 | 3 |
| CP15 | 30.30 | 182.19 | 77000 | 422.63 | 4 |
| CP16 | 30.30 | 181.82 | 78000 | 429.00 | 5 |
| CP17 | 30.25 | 181.94 | 75500 | 414.98 | 2 |
| CP18 | 30.35 | 182.95 | 76000 | 415.41 | 5 |
| Prom. | 30.31 | 182.34 | 76500 | 419.54 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.27 | 13.71 | 6.89 |
| 5.00 | 0.16 | 0.51 | 27.42 | 16.71 |
| 7.50 | 0.23 | 0.75 | 41.13 | 29.58 |
| 10.00 | 0.28 | 0.93 | 54.84 | 41.34 |
| 12.50 | 0.35 | 1.14 | 68.55 | 57.35 |
| 15.00 | 0.40 | 1.33 | 82.26 | 73.02 |
| 17.50 | 0.45 | 1.48 | 95.97 | 87.46 |
| 20.00 | 0.49 | 1.63 | 109.69 | 103.15 |
| 22.50 | 0.52 | 1.72 | 123.40 | 113.17 |
| 25.00 | 0.57 | 1.87 | 137.11 | 130.87 |
| 27.50 | 0.60 | 1.99 | 150.82 | 145.93 |
| 30.00 | 0.64 | 2.11 | 164.53 | 161.79 |
| 32.50 | 0.67 | 2.20 | 178.24 | 174.22 |
| 35.00 | 0.69 | 2.29 | 191.95 | 187.09 |
| 37.50 | 0.72 | 2.38 | 205.66 | 200.42 |
| 40.00 | 0.74 | 2.44 | 219.37 | 209.55 |
| 42.50 | 0.78 | 2.56 | 233.08 | 228.42 |
| 45.00 | 0.79 | 2.62 | 246.79 | 238.16 |
| 47.50 | 0.82 | 2.71 | 260.50 | 253.14 |
| 50.00 | 0.84 | 2.77 | 274.21 | 263.38 |
| 52.50 | 0.86 | 2.83 | 287.92 | 273.82 |
| 55.00 | 0.89 | 2.92 | 301.63 | 289.85 |
| 57.50 | 0.90 | 2.98 | 315.34 | 300.79 |
| 60.00 | 0.93 | 3.07 | 329.06 | 317.57 |
| 62.50 | 0.96 | 3.16 | 342.77 | 334.81 |
| 65.00 | 0.97 | 3.20 | 356.48 | 341.75 |
| 67.50 | 0.98 | 3.24 | 370.19 | 349.01 |
| 70.00 | 0.99 | 3.28 | 383.90 | 357.97 |
| 72.50 | 1.01 | 3.33 | 397.61 | 368.87 |
| 75.00 | 1.02 | 3.36 | 411.32 | 373.77 |
| 77.50 | 1.03 | 3.40 | 425.03 | 381.48 |
| 79.00 | 1.04 | 3.43 | 433.26 | 387.76 |
| 77.00 | 1.06 | 3.48 | 422.29 | 399.59 |
| 75.00 | 1.08 | 3.55 | 411.32 | 414.51 |
| Ecuación: | Esf.=29.345x ² + 19.044x | | | |
| Coef. de correlación | R ² =0.9951 | | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | 433.26 | | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | 312222 | Norma E.060 | | |
| | 304354 | Gráfica | | |

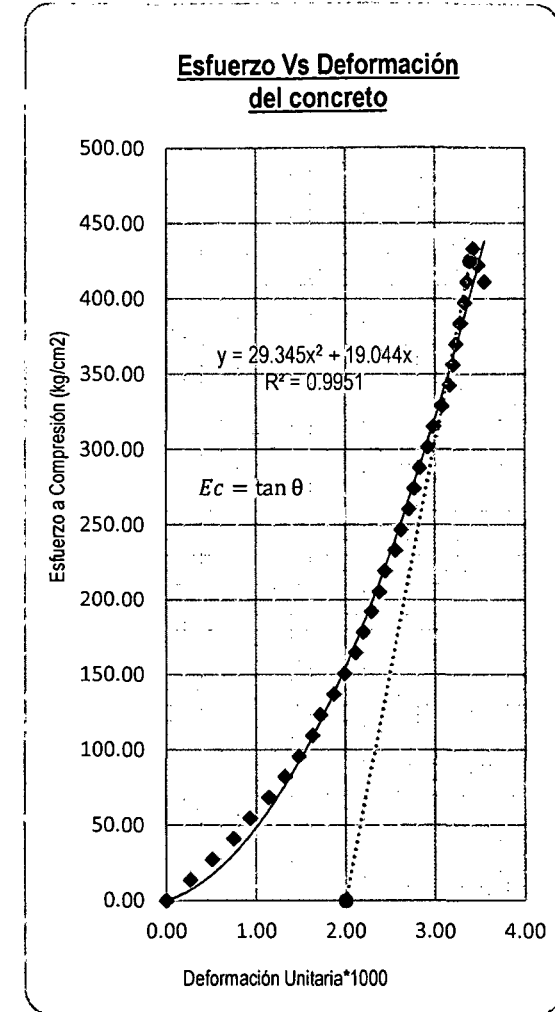


Gráfico B.3.21.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

b.3. Concreto con 1.00 % de aditivo.
- 7 días.

Cuadro B.3.22.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 1.00 % DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 27/10/2014 | Edad (días): | | 7 |
| Fecha de rotura: | | 03/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Código | altura | área | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP1 | 30.25 | 181.94 | 65500 | 360.02 | 3 |
| CP2 | 30.35 | 183.91 | 66000 | 358.86 | 5 |
| CP3 | 30.30 | 182.35 | 66500 | 364.68 | 5 |
| CP4 | 30.45 | 181.94 | 65000 | 357.27 | 4 |
| CP5 | 30.20 | 184.82 | 64000 | 346.29 | 6 |
| CP6 | 30.25 | 182.98 | 65000 | 355.24 | 5 |
| Prom. | 30.30 | 182.99 | 65333 | 357.06 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---------------------------------------|----------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.27 | 13.66 | 17.93 |
| 5.00 | 0.17 | 0.54 | 27.32 | 37.99 |
| 7.50 | 0.22 | 0.71 | 40.99 | 51.60 |
| 10.00 | 0.26 | 0.85 | 54.65 | 63.10 |
| 12.50 | 0.31 | 1.02 | 68.31 | 78.21 |
| 15.00 | 0.36 | 1.19 | 81.97 | 94.15 |
| 17.50 | 0.40 | 1.33 | 95.63 | 107.50 |
| 20.00 | 0.43 | 1.43 | 109.30 | 117.87 |
| 22.50 | 0.46 | 1.53 | 122.96 | 128.53 |
| 25.00 | 0.51 | 1.67 | 136.62 | 143.21 |
| 27.50 | 0.56 | 1.84 | 150.28 | 162.31 |
| 30.00 | 0.59 | 1.94 | 163.94 | 174.17 |
| 32.50 | 0.62 | 2.04 | 177.61 | 186.33 |
| 35.00 | 0.66 | 2.18 | 191.27 | 203.00 |
| 37.50 | 0.70 | 2.32 | 204.93 | 220.37 |
| 40.00 | 0.73 | 2.42 | 218.59 | 233.47 |
| 42.50 | 0.75 | 2.48 | 232.25 | 242.47 |
| 45.00 | 0.78 | 2.59 | 245.92 | 256.22 |
| 47.50 | 0.80 | 2.65 | 259.58 | 265.56 |
| 50.00 | 0.84 | 2.76 | 273.24 | 279.81 |
| 52.50 | 0.88 | 2.89 | 286.90 | 299.28 |
| 55.00 | 0.90 | 2.96 | 300.56 | 309.21 |
| 57.50 | 0.92 | 3.03 | 314.22 | 319.28 |
| 60.00 | 0.95 | 3.13 | 327.89 | 334.63 |
| 62.50 | 0.98 | 3.23 | 341.55 | 350.27 |
| 65.30 | 1.01 | 3.34 | 356.85 | 366.22 |
| 63.00 | 1.04 | 3.44 | 344.28 | 382.47 |
| 61.00 | 1.06 | 3.49 | 333.35 | 391.62 |

| | |
|---|-----------------------------------|
| Ecuación: | Esf=13.584x ² +58.491x |
| Coef. de correlación | R ² = 0.9923 |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | 356.85 |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | 283357 Norma E.060 |
| | 276887 Gráfica |

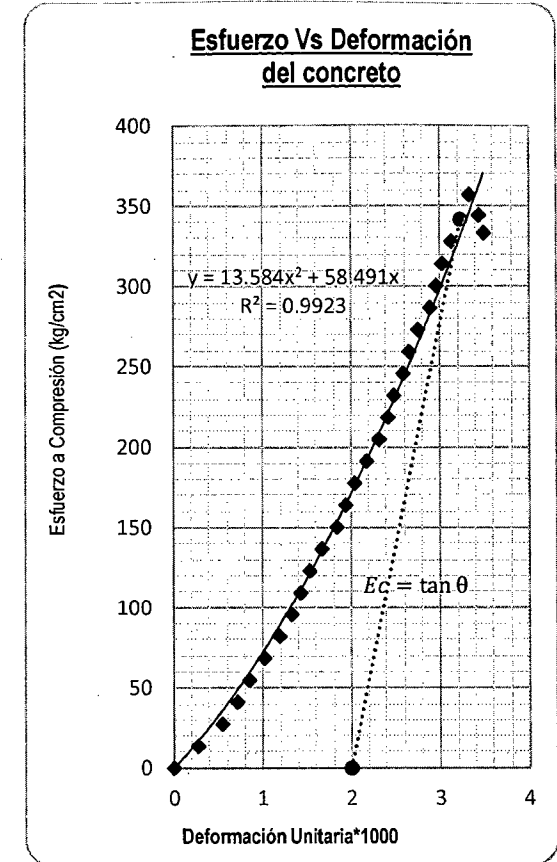


Gráfico B.3.22.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 14 días.

Cuadro B.3.23.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------|------------------------------------|--|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 1.00 % DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 27/10/2014 | Edad (días): | | 14 |
| Fecha de rotura: | | 10/11/2014 | Resistencia f_c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Area | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP7 | 30.30 | 180.50 | 74000 | 409.96 | 5 |
| CP8 | 30.38 | 180.98 | 71500 | 395.07 | 5 |
| CP9 | 30.30 | 181.46 | 72000 | 396.79 | 2 |
| CP10 | 30.40 | 179.79 | 71500 | 397.68 | 5 |
| CP11 | 30.25 | 180.98 | 72500 | 400.59 | 3 |
| CP12 | 30.25 | 180.50 | 73500 | 407.19 | 2 |
| Prom. | 30.31 | 180.70 | 72500 | 401.21 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|--|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.04 | 0.14 | 13.84 | 17.61 |
| 5.00 | 0.08 | 0.28 | 27.67 | 35.10 |
| 7.50 | 0.13 | 0.42 | 41.51 | 52.50 |
| 10.00 | 0.17 | 0.56 | 55.34 | 69.78 |
| 12.50 | 0.21 | 0.70 | 69.18 | 86.96 |
| 15.00 | 0.24 | 0.81 | 83.01 | 100.37 |
| 17.50 | 0.28 | 0.92 | 96.85 | 113.72 |
| 20.00 | 0.31 | 1.02 | 110.68 | 127.00 |
| 22.50 | 0.34 | 1.13 | 124.52 | 140.21 |
| 25.00 | 0.38 | 1.24 | 138.35 | 153.36 |
| 27.50 | 0.41 | 1.34 | 152.19 | 165.28 |
| 30.00 | 0.44 | 1.44 | 166.02 | 177.15 |
| 32.50 | 0.47 | 1.54 | 179.86 | 188.96 |
| 35.00 | 0.50 | 1.64 | 193.69 | 200.72 |
| 37.50 | 0.53 | 1.74 | 207.53 | 212.42 |
| 40.00 | 0.56 | 1.85 | 221.36 | 224.70 |
| 42.50 | 0.59 | 1.95 | 235.20 | 236.92 |
| 45.00 | 0.62 | 2.06 | 249.03 | 249.08 |
| 47.50 | 0.66 | 2.16 | 262.87 | 261.18 |
| 50.00 | 0.69 | 2.27 | 276.70 | 273.22 |
| 52.50 | 0.72 | 2.39 | 290.54 | 286.84 |
| 55.00 | 0.76 | 2.51 | 304.37 | 300.38 |
| 57.50 | 0.80 | 2.63 | 318.21 | 313.84 |
| 60.00 | 0.83 | 2.75 | 332.04 | 327.23 |
| 62.50 | 0.87 | 2.86 | 345.88 | 340.53 |
| 65.00 | 0.91 | 3.01 | 359.71 | 356.51 |
| 67.50 | 0.96 | 3.15 | 373.55 | 372.37 |
| 70.00 | 1.00 | 3.30 | 387.38 | 388.12 |
| 72.50 | 1.04 | 3.44 | 401.22 | 403.75 |
| 70.00 | 1.09 | 3.59 | 387.38 | 419.27 |
| 68.00 | 1.12 | 3.69 | 376.31 | 430.00 |
| Ecuación: | Esf. = -2.7376x ² + 123.71x | | | |
| Coef. de correlación | R ² = 0.9893 | | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | 401.22 | | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | 300456 | Norma E.060 | | |
| | 298434 | Gráfica | | |

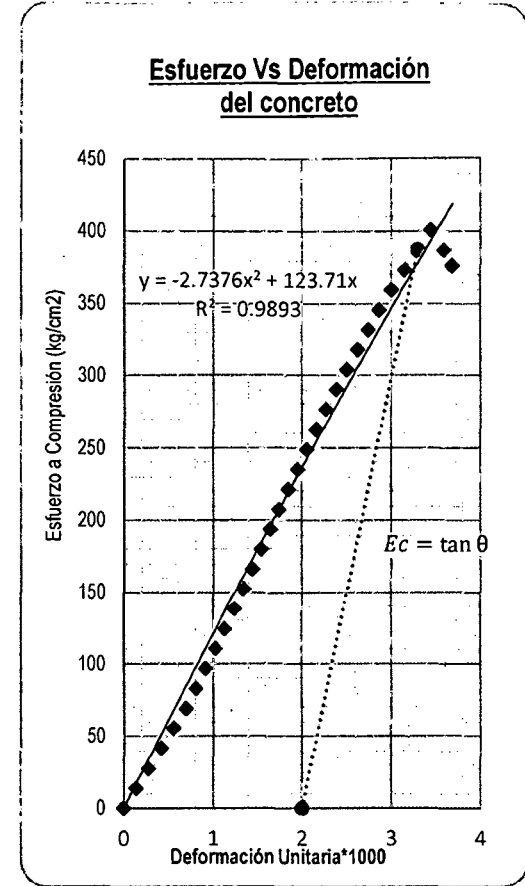


Gráfico B.3.23.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 28 días.

Cuadro B.3..24.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|---|--------------|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 1.00 % DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | | |
| Fecha de elaboración: | 27/10/2014 | Edad (días): | 28 | | |
| Fecha de rotura: | 24/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | 350.00 | | |
| Código | altura | área | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP13 | 30.30 | 182.85 | 83500 | 456.65 | 3 |
| CP14 | 30.35 | 182.48 | 83000 | 454.86 | 5 |
| CP15 | 30.30 | 182.54 | 81500 | 446.47 | 2 |
| CP16 | 30.30 | 182.68 | 84000 | 459.83 | 3 |
| CP17 | 30.25 | 182.74 | 85000 | 465.14 | 5 |
| CP18 | 30.35 | 182.74 | 81000 | 443.25 | 4 |
| Prom. | 30.31 | 182.67 | 83000 | 454.37 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.04 | 0.13 | 13.69 | 19.38 |
| 5.00 | 0.08 | 0.26 | 27.37 | 38.55 |
| 7.50 | 0.11 | 0.37 | 41.06 | 53.40 |
| 10.00 | 0.15 | 0.49 | 54.74 | 71.06 |
| 12.50 | 0.17 | 0.55 | 68.43 | 79.50 |
| 15.00 | 0.21 | 0.68 | 82.12 | 97.64 |
| 17.50 | 0.24 | 0.78 | 95.80 | 110.67 |
| 20.00 | 0.25 | 0.83 | 109.49 | 118.54 |
| 22.50 | 0.27 | 0.89 | 123.17 | 126.37 |
| 25.00 | 0.29 | 0.95 | 136.86 | 134.17 |
| 27.50 | 0.32 | 1.05 | 150.54 | 147.95 |
| 30.00 | 0.35 | 1.15 | 164.23 | 161.61 |
| 32.50 | 0.38 | 1.25 | 177.92 | 175.15 |
| 35.00 | 0.41 | 1.36 | 191.60 | 188.56 |
| 37.50 | 0.44 | 1.46 | 205.29 | 201.85 |
| 40.00 | 0.47 | 1.57 | 218.97 | 215.60 |
| 42.50 | 0.51 | 1.67 | 232.66 | 229.21 |
| 45.00 | 0.54 | 1.78 | 246.35 | 242.69 |
| 47.50 | 0.57 | 1.88 | 260.03 | 256.04 |
| 50.00 | 0.60 | 1.99 | 273.72 | 269.25 |
| 52.50 | 0.64 | 2.12 | 287.40 | 284.88 |
| 55.00 | 0.68 | 2.25 | 301.09 | 300.32 |
| 57.50 | 0.72 | 2.37 | 314.78 | 315.56 |
| 60.00 | 0.76 | 2.50 | 328.46 | 330.61 |
| 62.50 | 0.80 | 2.63 | 342.15 | 345.47 |
| 65.00 | 0.83 | 2.73 | 355.83 | 357.07 |
| 67.50 | 0.86 | 2.83 | 369.52 | 368.55 |
| 70.00 | 0.89 | 2.93 | 383.20 | 379.91 |
| 72.50 | 0.92 | 3.03 | 396.89 | 391.15 |
| 75.00 | 0.95 | 3.13 | 410.58 | 402.27 |
| 77.50 | 0.99 | 3.27 | 424.26 | 417.30 |
| 80.00 | 1.03 | 3.41 | 437.95 | 432.11 |
| 82.50 | 1.05 | 3.48 | 451.63 | 439.61 |
| 83.00 | 1.08 | 3.55 | 454.37 | 447.04 |
| 81.00 | 1.10 | 3.62 | 443.42 | 454.42 |
| 79.00 | 1.12 | 3.71 | 432.47 | 463.48 |
| Ecuación: | Esf.=-5.9547x2 +147.08x | | | |
| Coef. de correlación | R ² =0.9961 | | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | 454.37 | | | |

| | | |
|---|--------|-------------|
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | 319740 | Norma E.060 |
| | 305389 | Gráfica |

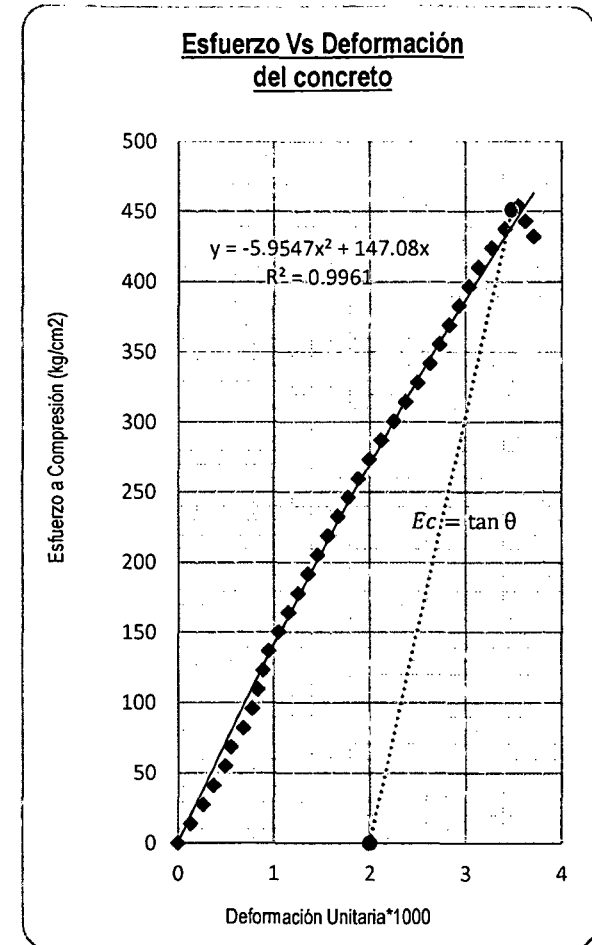


Gráfico B.3.24.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

b.4. Concreto con 1.50 % de aditivo.

- 7 días.

Cuadro B.3.25.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 1.50 % DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 28/10/2014 | Edad (días): | | 7 |
| Fecha de rotura: | | 04/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Código | altura | área | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP1 | 30.25 | 181.94 | 67500 | 371.01 | 2 |
| CP2 | 30.35 | 185.30 | 66500 | 358.88 | 3 |
| CP3 | 30.30 | 183.13 | 65500 | 357.66 | 5 |
| CP4 | 30.45 | 183.13 | 67500 | 368.58 | 5 |
| CP5 | 30.20 | 183.13 | 66500 | 363.12 | 4 |
| CP6 | 30.25 | 183.37 | 68500 | 373.55 | 3 |
| Prom. | 30.30 | 183.33 | 67000 | 365.47 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.26 | 13.64 | 11.90 |
| 5.00 | 0.15 | 0.50 | 27.27 | 25.23 |
| 7.50 | 0.22 | 0.74 | 40.91 | 40.54 |
| 10.00 | 0.28 | 0.91 | 54.55 | 53.45 |
| 12.50 | 0.34 | 1.12 | 68.18 | 70.09 |
| 15.00 | 0.39 | 1.30 | 81.82 | 85.68 |
| 17.50 | 0.44 | 1.45 | 95.46 | 99.62 |
| 20.00 | 0.48 | 1.59 | 109.09 | 114.42 |
| 22.50 | 0.51 | 1.68 | 122.73 | 123.71 |
| 25.00 | 0.55 | 1.83 | 136.37 | 139.87 |
| 27.50 | 0.59 | 1.95 | 150.00 | 153.43 |
| 30.00 | 0.63 | 2.07 | 163.64 | 167.53 |
| 32.50 | 0.65 | 2.15 | 177.28 | 178.46 |
| 35.00 | 0.68 | 2.24 | 190.91 | 189.71 |
| 37.50 | 0.71 | 2.33 | 204.55 | 201.26 |
| 40.00 | 0.73 | 2.42 | 218.19 | 213.60 |
| 42.50 | 0.77 | 2.52 | 231.82 | 227.66 |
| 45.00 | 0.81 | 2.67 | 245.46 | 248.95 |
| 47.50 | 0.84 | 2.77 | 259.10 | 262.55 |
| 50.00 | 0.86 | 2.83 | 272.73 | 271.81 |
| 52.50 | 0.88 | 2.89 | 286.37 | 281.22 |
| 55.00 | 0.90 | 2.98 | 300.01 | 295.61 |
| 57.50 | 0.92 | 3.04 | 313.64 | 305.39 |
| 60.00 | 0.95 | 3.13 | 327.28 | 320.34 |
| 62.50 | 0.98 | 3.23 | 340.92 | 335.62 |
| 65.00 | 0.99 | 3.26 | 354.55 | 341.76 |
| 67.00 | 1.00 | 3.30 | 365.46 | 348.03 |
| 65.00 | 1.03 | 3.41 | 354.55 | 367.20 |
| 63.00 | 1.05 | 3.47 | 343.64 | 378.02 |
| Ecuación: | | Esf.= 19.704x ² + 40.424x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.9944 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 365.46 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 286756 | Norma E.060 | |
| | | 280641 | Gráfica | |

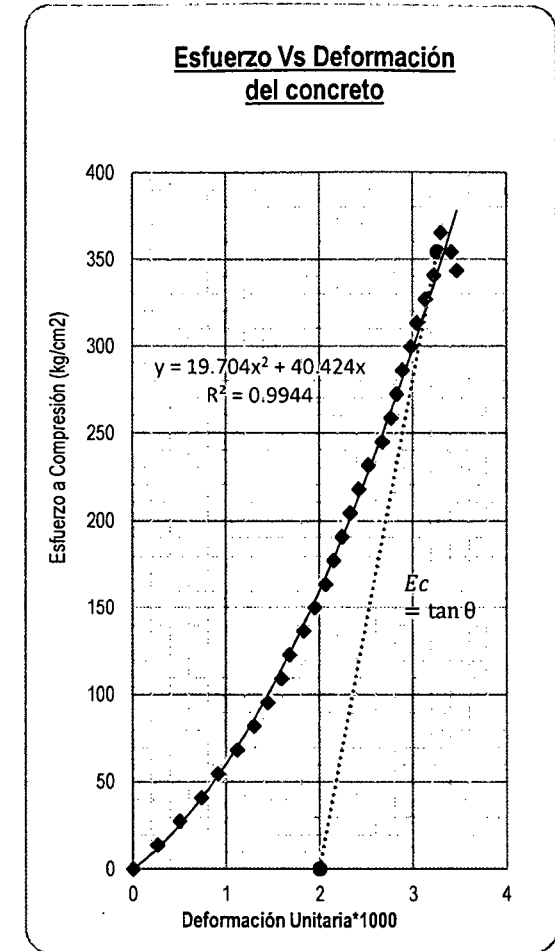


Grafico B.3.25.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 14 días.

Cuadro B.3.26.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-----------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 1.50 % DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 28/10/2014 | Edad (días): | | 14 |
| Fecha de rotura: | | 11/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Código | altura | área | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP7 | 30.30 | 180.98 | 78000 | 430.98 | 5 |
| CP8 | 30.38 | 181.18 | 75000 | 413.96 | 2 |
| CP9 | 30.30 | 180.27 | 76000 | 421.60 | 6 |
| CP10 | 30.40 | 180.79 | 76500 | 423.14 | 4 |
| CP11 | 30.25 | 180.68 | 77500 | 428.95 | 5 |
| CP12 | 30.25 | 180.50 | 75500 | 418.27 | 5 |
| Prom. | 30.31 | 180.73 | 76417 | 422.82 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | |
|---|----------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.26 | 13.83 | 9.70 |
| 5.00 | 0.15 | 0.50 | 27.67 | 21.71 |
| 7.50 | 0.22 | 0.74 | 41.50 | 36.37 |
| 10.00 | 0.28 | 0.92 | 55.33 | 49.24 |
| 12.50 | 0.34 | 1.12 | 69.16 | 66.27 |
| 15.00 | 0.39 | 1.30 | 83.00 | 82.60 |
| 17.50 | 0.44 | 1.45 | 96.83 | 97.43 |
| 20.00 | 0.48 | 1.60 | 110.66 | 113.38 |
| 22.50 | 0.51 | 1.69 | 124.50 | 123.48 |
| 25.00 | 0.56 | 1.83 | 138.33 | 141.20 |
| 27.50 | 0.59 | 1.95 | 152.16 | 156.18 |
| 30.00 | 0.63 | 2.07 | 165.99 | 171.88 |
| 32.50 | 0.66 | 2.18 | 179.83 | 187.18 |
| 35.00 | 0.69 | 2.27 | 193.66 | 200.04 |
| 37.50 | 0.72 | 2.36 | 207.49 | 213.32 |
| 40.00 | 0.73 | 2.42 | 221.32 | 222.39 |
| 42.50 | 0.77 | 2.54 | 235.16 | 241.09 |
| 45.00 | 0.79 | 2.60 | 248.99 | 250.71 |
| 47.50 | 0.82 | 2.69 | 262.82 | 265.48 |
| 50.00 | 0.83 | 2.75 | 276.66 | 275.55 |
| 52.50 | 0.85 | 2.81 | 290.49 | 285.81 |
| 55.00 | 0.88 | 2.90 | 304.32 | 301.53 |
| 57.50 | 0.90 | 2.96 | 318.15 | 312.24 |
| 60.00 | 0.92 | 3.05 | 331.99 | 328.64 |
| 62.50 | 0.95 | 3.14 | 345.82 | 345.45 |
| 65.00 | 0.96 | 3.17 | 359.65 | 352.21 |
| 67.50 | 0.97 | 3.21 | 373.49 | 359.13 |
| 70.00 | 1.01 | 3.32 | 387.32 | 380.30 |
| 72.50 | 1.02 | 3.38 | 401.15 | 392.28 |
| 75.00 | 1.03 | 3.40 | 414.98 | 397.97 |
| 76.40 | 1.05 | 3.47 | 422.73 | 412.12 |
| 74.00 | 1.07 | 3.52 | 409.45 | 422.47 |
| 72.00 | 1.09 | 3.59 | 398.38 | 437.38 |
| Ecuación: | | Esf.=25.417x ² + 30.396x | | |
| Coef. de correlación | | R ² = 0.995 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 422.73 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 308406 | Norma E.060 | |
| | | 295587 | Gráfica | |

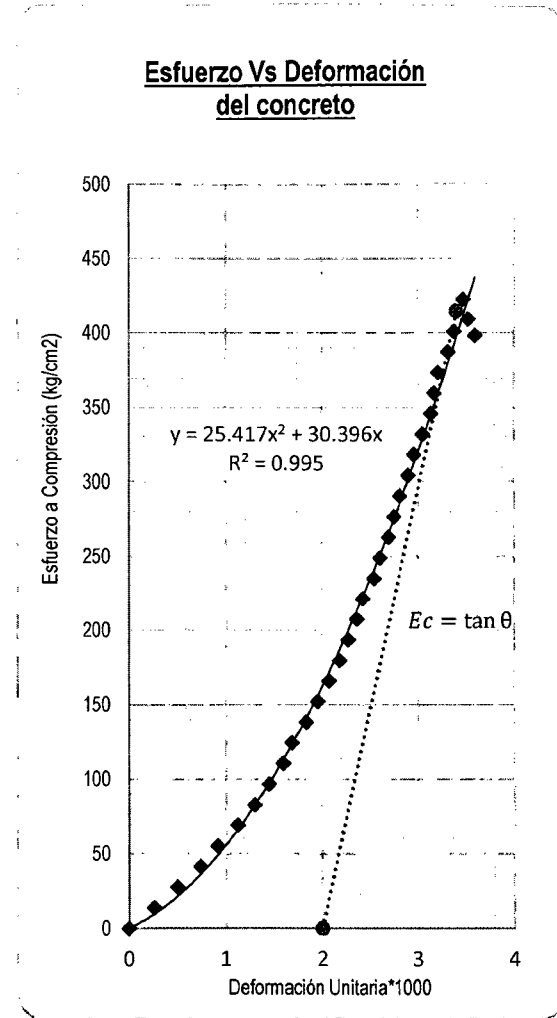


Gráfico B.3.26.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 28 días.

Cuadro B.3.27.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ESPECÍMEN CON 1.50 % DE ADITIVO | | | | | |
|---------------------------------|--------------|-----------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| Cemento: | | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 28/10/2014 | Edad (días): | | 28 |
| Fecha de rotura: | | 25/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Código | altura | área | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP13 | 30.30 | 183.46 | 85000 | 463.32 | 5 |
| CP14 | 30.35 | 183.18 | 87500 | 477.68 | 5 |
| CP15 | 30.24 | 182.98 | 86500 | 472.73 | 4 |
| CP16 | 30.30 | 182.92 | 86000 | 470.15 | 5 |
| CP17 | 30.25 | 182.76 | 87000 | 476.04 | 2 |
| CP18 | 30.35 | 183.18 | 85500 | 466.77 | 5 |
| Prom. | 30.30 | 183.08 | 86250 | 471.11 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---------------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.08 | 0.28 | 13.66 | 14.01 |
| 5.00 | 0.15 | 0.49 | 27.31 | 27.05 |
| 7.50 | 0.21 | 0.71 | 40.97 | 43.23 |
| 10.00 | 0.24 | 0.80 | 54.62 | 50.43 |
| 12.50 | 0.29 | 0.97 | 68.28 | 65.28 |
| 15.00 | 0.34 | 1.11 | 81.93 | 78.30 |
| 17.50 | 0.38 | 1.25 | 95.59 | 92.29 |
| 20.00 | 0.43 | 1.42 | 109.24 | 111.17 |
| 22.50 | 0.47 | 1.56 | 122.90 | 127.31 |
| 25.00 | 0.50 | 1.66 | 136.55 | 138.97 |
| 27.50 | 0.53 | 1.76 | 150.21 | 151.71 |
| 30.00 | 0.57 | 1.88 | 163.86 | 167.61 |
| 32.50 | 0.60 | 1.98 | 177.52 | 181.89 |
| 35.00 | 0.63 | 2.09 | 191.17 | 196.94 |
| 37.50 | 0.66 | 2.17 | 204.83 | 209.85 |
| 40.00 | 0.68 | 2.23 | 218.48 | 218.26 |
| 42.50 | 0.70 | 2.31 | 232.14 | 231.24 |
| 45.00 | 0.73 | 2.39 | 245.79 | 243.91 |
| 47.50 | 0.74 | 2.46 | 259.45 | 253.94 |
| 50.00 | 0.77 | 2.55 | 273.10 | 269.35 |
| 52.50 | 0.80 | 2.64 | 286.76 | 284.84 |
| 55.00 | 0.82 | 2.70 | 300.42 | 295.61 |
| 57.50 | 0.84 | 2.77 | 314.07 | 306.58 |
| 60.00 | 0.87 | 2.86 | 327.73 | 323.37 |
| 62.50 | 0.89 | 2.95 | 341.38 | 340.59 |
| 65.00 | 0.92 | 3.04 | 355.04 | 358.23 |
| 67.50 | 0.95 | 3.14 | 368.69 | 376.30 |
| 70.00 | 0.97 | 3.20 | 382.35 | 388.57 |
| 72.50 | 0.99 | 3.26 | 396.00 | 401.03 |
| 75.00 | 1.01 | 3.32 | 409.66 | 413.68 |
| 77.50 | 1.02 | 3.37 | 423.31 | 423.29 |
| 80.00 | 1.03 | 3.41 | 436.97 | 431.52 |
| 82.50 | 1.05 | 3.46 | 450.62 | 441.63 |
| 85.00 | 1.06 | 3.51 | 464.28 | 451.85 |
| 86.25 | 1.07 | 3.53 | 471.11 | 457.18 |
| 84.00 | 1.08 | 3.55 | 458.82 | 462.18 |
| 82.00 | 1.09 | 3.60 | 447.89 | 472.63 |
| Ecuación: | | Esf.=24.261x2 + 43.788x | | |
| Coef. de correlación | | R ² =0.9981 | | |

| | |
|---|--------------------|
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | 471.11 |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | 325574 Norma E.060 |
| | 308178 Gráfica |

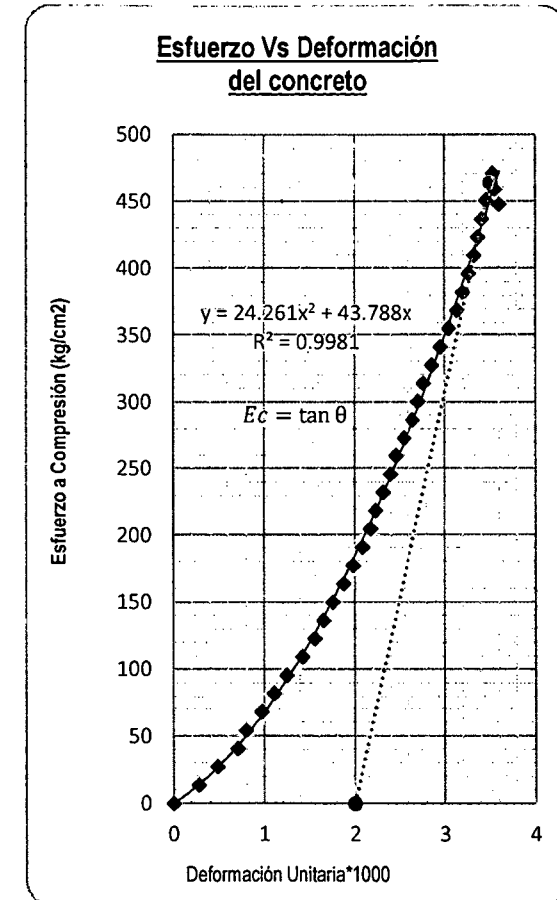


Gráfico B.3.27.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

b.5. Concreto con 2.00 % de aditivo.

- 7 días.

Cuadro B.3.28.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 2.00 % DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 28/10/2014 | Edad (días): | | 7 |
| Fecha de rotura: | | 04/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Area | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP1 | 30.25 | 183.80 | 63500 | 345.48 | 5 |
| CP2 | 30.35 | 182.71 | 64500 | 353.01 | 3 |
| CP3 | 30.30 | 182.79 | 61500 | 336.45 | 4 |
| CP4 | 30.45 | 183.01 | 63000 | 344.25 | 5 |
| CP5 | 30.20 | 182.75 | 62500 | 341.99 | 5 |
| CP6 | 30.25 | 182.94 | 62500 | 341.65 | 3 |
| Prom. | 30.30 | 183.00 | 62917 | 343.80 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|---------------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.05 | 0.17 | 13.66 | 14.95 |
| 5.00 | 0.10 | 0.34 | 27.32 | 29.73 |
| 7.50 | 0.15 | 0.51 | 40.98 | 44.35 |
| 10.00 | 0.21 | 0.68 | 54.64 | 58.80 |
| 12.50 | 0.26 | 0.85 | 68.31 | 73.09 |
| 15.00 | 0.30 | 0.99 | 81.97 | 84.98 |
| 17.50 | 0.34 | 1.11 | 95.63 | 95.20 |
| 20.00 | 0.37 | 1.23 | 109.29 | 104.72 |
| 22.50 | 0.42 | 1.38 | 122.95 | 116.91 |
| 25.00 | 0.46 | 1.51 | 136.61 | 127.61 |
| 27.50 | 0.50 | 1.63 | 150.27 | 137.27 |
| 30.00 | 0.53 | 1.76 | 163.93 | 146.85 |
| 32.50 | 0.57 | 1.88 | 177.60 | 156.34 |
| 35.00 | 0.61 | 2.00 | 191.26 | 165.75 |
| 37.50 | 0.64 | 2.12 | 204.92 | 175.08 |
| 40.00 | 0.68 | 2.25 | 218.58 | 184.82 |
| 42.50 | 0.72 | 2.38 | 232.24 | 194.47 |
| 45.00 | 0.76 | 2.50 | 245.90 | 204.03 |
| 47.50 | 0.80 | 2.63 | 259.56 | 213.50 |
| 50.00 | 0.84 | 2.76 | 273.22 | 222.87 |
| 52.50 | 0.88 | 2.90 | 286.89 | 233.42 |
| 55.00 | 0.92 | 3.05 | 300.55 | 243.84 |
| 57.50 | 0.97 | 3.19 | 314.21 | 254.15 |
| 60.00 | 0.98 | 3.25 | 327.87 | 257.94 |
| 62.00 | 1.02 | 3.36 | 338.80 | 265.98 |
| 60.00 | 1.04 | 3.43 | 327.87 | 270.29 |
| 58.00 | 1.07 | 3.52 | 316.94 | 276.67 |
| Ecuación: | Esf. = 2.8407x ² + 88.632x | | | |
| Coef. de correlación | R ² = 0.9944 | | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | 338.80 | | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | 276097 | Norma E.060 | | |
| | 262596 | Gráfica | | |

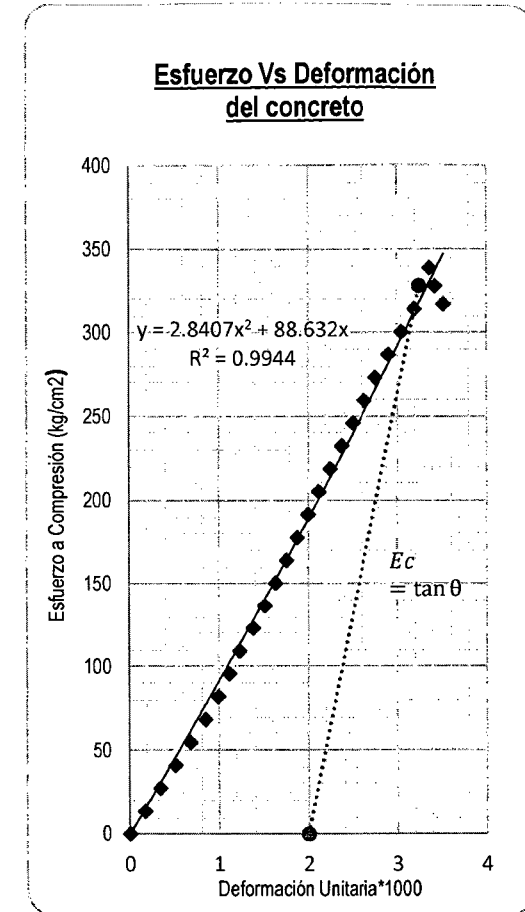


Grafico B.3.28.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

- 14 días.

Cuadro B.3.29.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------|
| ESPÉCIMEN CON 2.00 % DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 28/10/2014 | Edad (días): | | 14 |
| Fecha de rotura: | | 11/11/2014 | Resistencia f'c (kg/cm2): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Area | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm2) | Tipo de Falla |
| CP7 | 30.30 | 182.89 | 75500 | 412.81 | 5 |
| CP8 | 30.38 | 182.08 | 74500 | 409.16 | 5 |
| CP9 | 30.30 | 182.89 | 76000 | 415.54 | 3 |
| CP10 | 30.40 | 184.33 | 74500 | 404.16 | 5 |
| CP11 | 30.25 | 182.89 | 73500 | 401.87 | 3 |
| CP12 | 30.25 | 182.89 | 75000 | 410.07 | 4 |
| Prom. | 30.31 | 183.00 | 74833 | 408.94 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------|-------------------|---------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm2) | Esf. Corr. (kg/cm2) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.04 | 0.14 | 13.66 | 14.91 |
| 5.00 | 0.09 | 0.28 | 27.32 | 29.91 |
| 7.50 | 0.13 | 0.43 | 40.98 | 44.99 |
| 10.00 | 0.17 | 0.57 | 54.64 | 60.16 |
| 12.50 | 0.22 | 0.71 | 68.31 | 75.41 |
| 15.00 | 0.25 | 0.82 | 81.97 | 87.44 |
| 17.50 | 0.28 | 0.93 | 95.63 | 99.52 |
| 20.00 | 0.32 | 1.05 | 109.29 | 111.65 |
| 22.50 | 0.35 | 1.16 | 122.95 | 123.84 |
| 25.00 | 0.38 | 1.27 | 136.61 | 136.07 |
| 27.50 | 0.42 | 1.37 | 150.27 | 147.27 |
| 30.00 | 0.45 | 1.47 | 163.93 | 158.50 |
| 32.50 | 0.48 | 1.58 | 177.60 | 169.78 |
| 35.00 | 0.51 | 1.68 | 191.26 | 181.10 |
| 37.50 | 0.54 | 1.78 | 204.92 | 192.46 |
| 40.00 | 0.57 | 1.89 | 218.58 | 204.49 |
| 42.50 | 0.60 | 1.99 | 232.24 | 216.57 |
| 45.00 | 0.64 | 2.10 | 245.90 | 228.69 |
| 47.50 | 0.67 | 2.21 | 259.56 | 240.86 |
| 50.00 | 0.70 | 2.32 | 273.22 | 253.08 |
| 52.50 | 0.74 | 2.44 | 286.89 | 267.04 |
| 55.00 | 0.78 | 2.56 | 300.55 | 281.06 |
| 57.50 | 0.81 | 2.68 | 314.21 | 295.14 |
| 60.00 | 0.85 | 2.80 | 327.87 | 309.28 |
| 62.50 | 0.89 | 2.93 | 341.53 | 323.48 |
| 65.00 | 0.92 | 3.03 | 355.19 | 336.13 |
| 67.50 | 0.95 | 3.14 | 368.85 | 348.82 |
| 70.00 | 0.98 | 3.25 | 382.51 | 361.56 |
| 72.50 | 1.02 | 3.36 | 396.17 | 374.35 |
| 74.80 | 1.03 | 3.41 | 408.74 | 380.43 |
| 72.00 | 1.05 | 3.45 | 393.44 | 385.50 |
| 70.00 | 1.06 | 3.49 | 382.51 | 390.58 |
| Ecuación: | | Esf. = 2.276X2 + 109.38x | | |
| Coef. de correlación | | R² = 0.9964 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm2) | | 408.74 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm2) | | 303261 | Norma E.060 | |
| | | 291769 | Gráfica | |

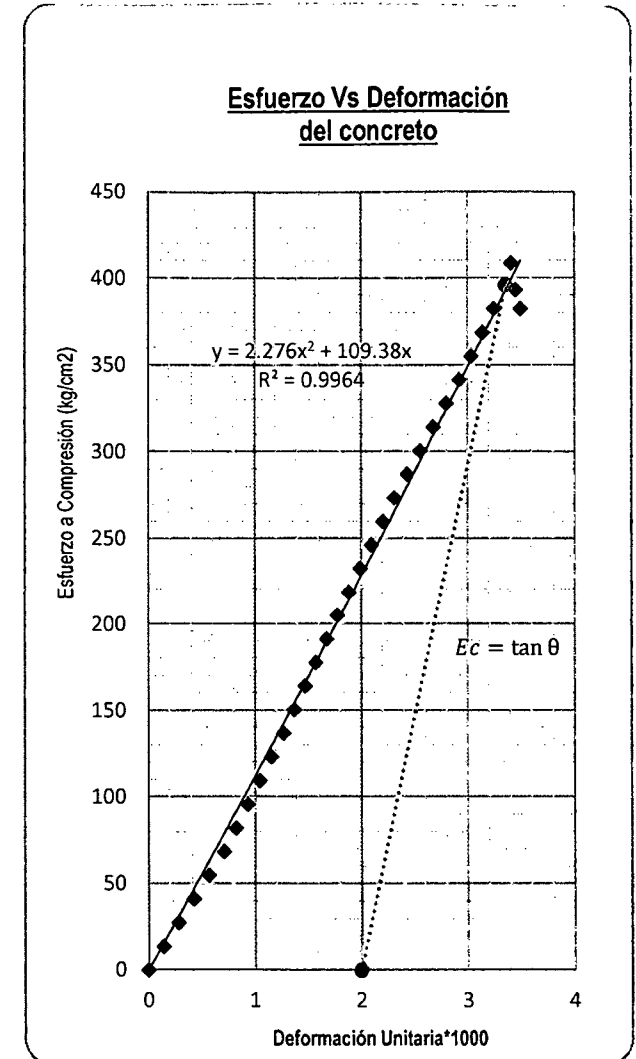


Gráfico B.3.29.- Esfuerzo Vs Deformación del concret

- 28 días.

Cuadro B.3.30.- Ensayo de Resistencia a la compresión.

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|------------------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| ESPECÍMEN CON 2.00 % DE ADITIVO | | | | | |
| Cemento: | | Pacasmayo Fortimax 3 (ASTM C1157) | | | |
| Fecha de elaboración: | | 28/10/2014 | Edad (días): | | 28 |
| Fecha de rotura: | | 25/11/2014 | Resistencia f _c (kg/cm ²): | | 350.00 |
| Codigo | altura | Area | Carga (Max) | Esfuerzo (Kg/cm ²) | Tipo de Falla |
| CP13 | 30.30 | 182.70 | 79500 | 435.15 | 5 |
| CP14 | 30.35 | 183.06 | 81000 | 442.48 | 2 |
| CP15 | 30.30 | 183.13 | 79500 | 434.11 | 4 |
| CP16 | 30.30 | 183.13 | 81500 | 445.03 | 5 |
| CP17 | 30.25 | 183.13 | 78000 | 425.92 | 5 |
| CP18 | 30.35 | 183.07 | 80500 | 439.71 | 2 |
| Prom. | 30.31 | 183.04 | 80000 | 437.07 | |

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | | | | |
|---|----------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Carga (Tn) | Deformac. (mm) | Def. Unit. (*1000) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esf. Corr. (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.50 | 0.04 | 0.15 | 13.66 | 18.33 |
| 5.00 | 0.09 | 0.29 | 27.32 | 36.60 |
| 7.50 | 0.12 | 0.40 | 40.97 | 50.86 |
| 10.00 | 0.16 | 0.54 | 54.63 | 67.91 |
| 12.50 | 0.18 | 0.61 | 68.29 | 76.11 |
| 15.00 | 0.23 | 0.75 | 81.95 | 93.82 |
| 17.50 | 0.26 | 0.85 | 95.61 | 106.63 |
| 20.00 | 0.28 | 0.91 | 109.27 | 114.40 |
| 22.50 | 0.30 | 0.98 | 122.92 | 122.16 |
| 25.00 | 0.32 | 1.04 | 136.58 | 129.92 |
| 27.50 | 0.35 | 1.15 | 150.24 | 143.69 |
| 30.00 | 0.38 | 1.26 | 163.90 | 157.43 |
| 32.50 | 0.42 | 1.38 | 177.56 | 171.13 |
| 35.00 | 0.45 | 1.49 | 191.22 | 184.79 |
| 37.50 | 0.49 | 1.60 | 204.87 | 198.42 |
| 40.00 | 0.52 | 1.72 | 218.53 | 212.61 |
| 42.50 | 0.56 | 1.83 | 232.19 | 226.77 |
| 45.00 | 0.59 | 1.95 | 245.85 | 240.89 |
| 47.50 | 0.63 | 2.07 | 259.51 | 254.97 |
| 50.00 | 0.66 | 2.18 | 273.16 | 269.00 |
| 52.50 | 0.70 | 2.32 | 286.82 | 285.75 |
| 55.00 | 0.75 | 2.46 | 300.48 | 302.43 |
| 57.50 | 0.79 | 2.60 | 314.14 | 319.06 |
| 60.00 | 0.83 | 2.74 | 327.80 | 335.64 |
| 62.50 | 0.87 | 2.88 | 341.46 | 352.15 |
| 65.00 | 0.91 | 2.99 | 355.11 | 365.16 |
| 67.50 | 0.94 | 3.10 | 368.77 | 378.13 |
| 70.00 | 0.97 | 3.21 | 382.43 | 391.06 |
| 72.50 | 0.99 | 3.27 | 396.09 | 397.60 |
| 75.00 | 1.01 | 3.33 | 409.75 | 404.12 |
| 77.50 | 1.02 | 3.37 | 423.40 | 409.49 |
| 80.00 | 1.04 | 3.43 | 437.06 | 416.38 |
| 78.00 | 1.06 | 3.48 | 426.14 | 422.50 |
| 76.00 | 1.07 | 3.54 | 415.21 | 428.99 |
| Ecuación: | | Esf.=-1.475x ² + 126.42x | | |
| Coef. de correlación | | R ² =0.9962 | | |
| Esf. de rotura (Kg/cm ²) | | 437.06 | | |
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | 313591 | Norma E.060 | |
| | | 308657 | Gráfica | |

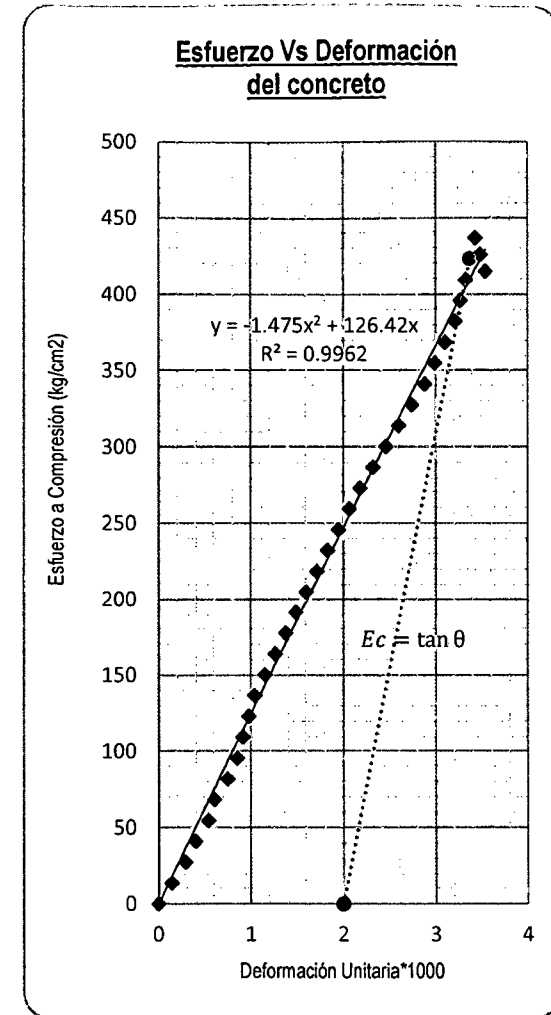


Gráfico B.3.30.- Esfuerzo Vs Deformación del concreto

ANEXO C

Panel fotográfico

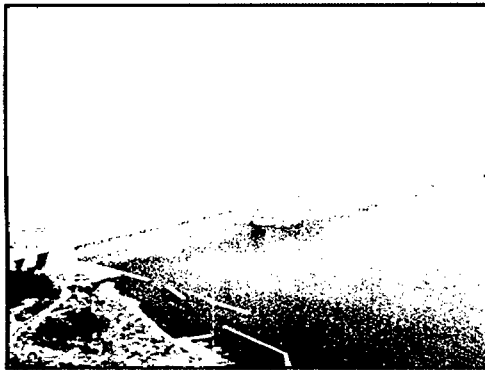


Ilustración N°1.-Puente Hakashi-Kaikyo
(Hakashi Straits).

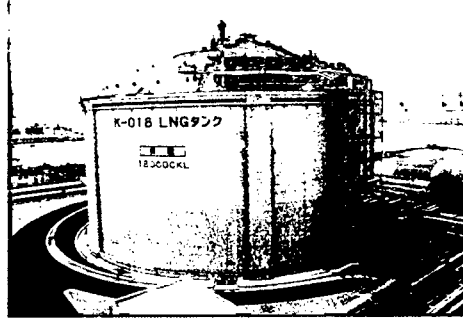


Ilustración N°2.-ponencia en CAC, Masahiro
Ouchi. México 2003.

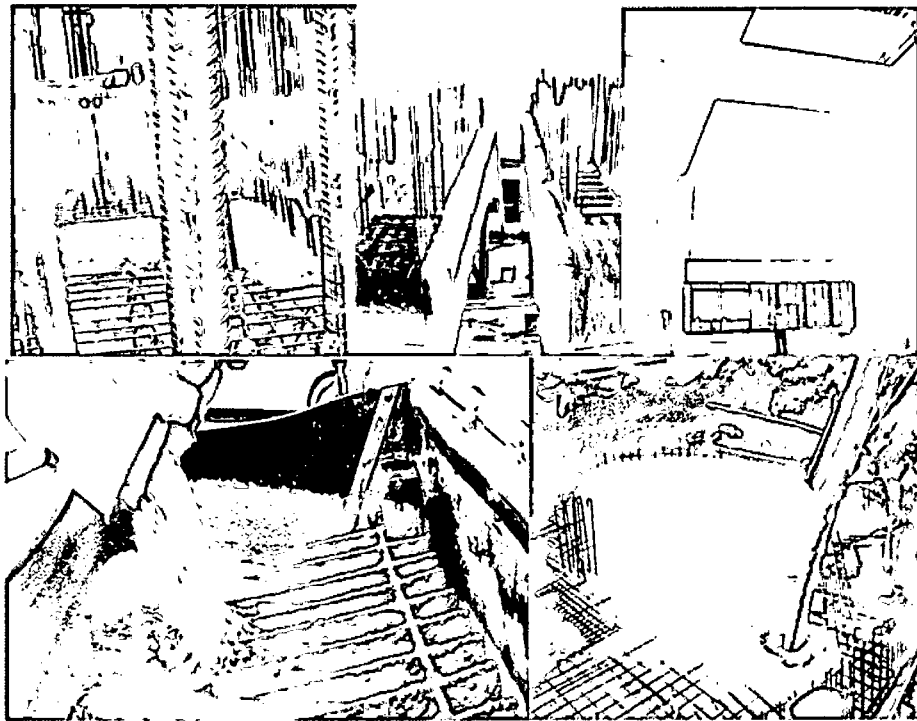


Ilustración N°3.-Ventajas del concreto autocompactante.

GALERIA DE FOTOS.



Imagen N°01.- Traslado de agregados
Cantera: Aguilar – Campus universitario.

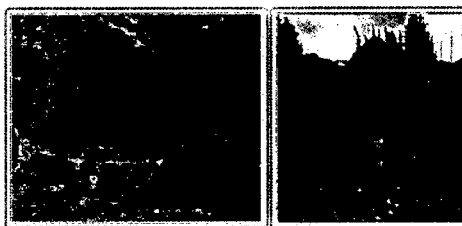


Imagen N°02.- Obtención Agregado fino y agregado grueso de la cantera “ El chonta”



Imagen N°04.-Obtencion de aditivo SIKA VISCOCRETE 3330.

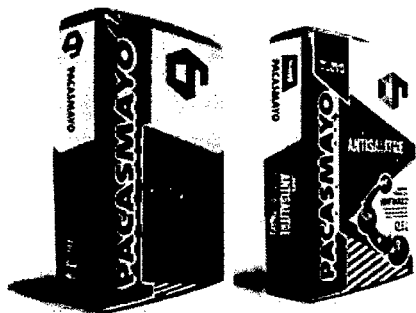


Imagen N°05.- Cemento Pacasmayo tipo V y
Cemento Anti salitre con fortimax 3

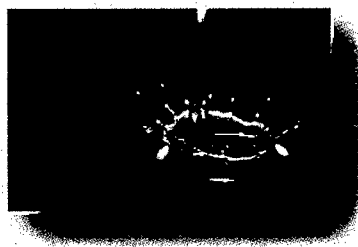


Imagen N°06.- Agua potable del campus universitario.

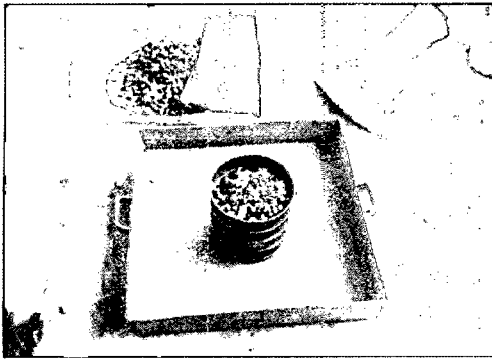


Imagen N°07.- Granulometría del Agregado Grueso

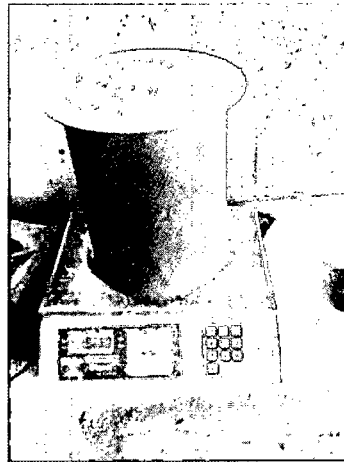


Imagen N°08.-Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Fino.

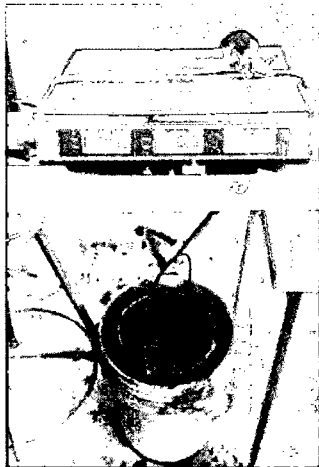


Imagen N°09.-Peso específico del Agregado Grueso.

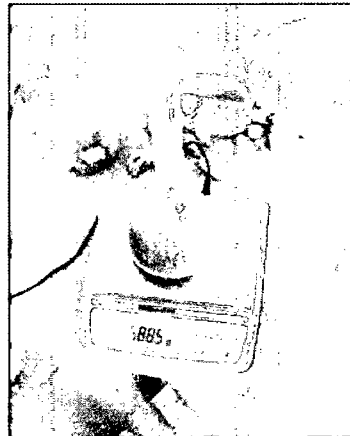


Imagen N°10.-Peso específico del Agregado Fino.



Imagen N°11.-Selección de agregados – Ensayo de abrasión.



Imagen N° 12.-Ensayo de abrasión en la máquina de los ángeles.



Imagen N°13.-Contenido de humedad del agregado fino.



Imagen N°14.-Porcentajes de finos mediante el método de lavado.

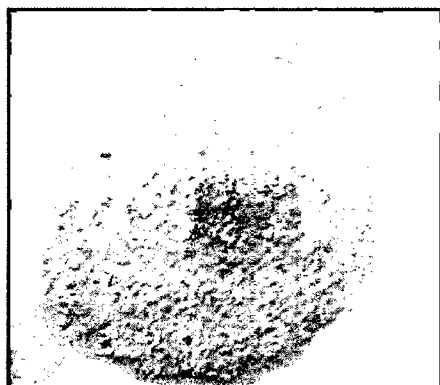


Imagen N°15.- Ensayos de prueba de escurrimiento, relación AF/AG(Características de autcompactabilidad)

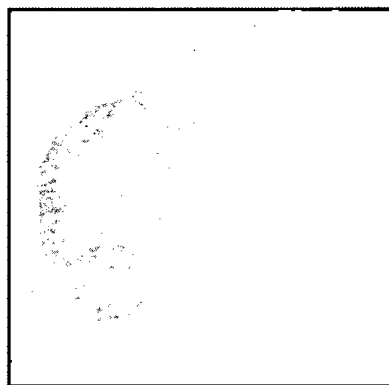


Imagen N°16.- Ensayos de prueba de escurrimiento, Relación AF/AG(Características de autcompactabilidad)

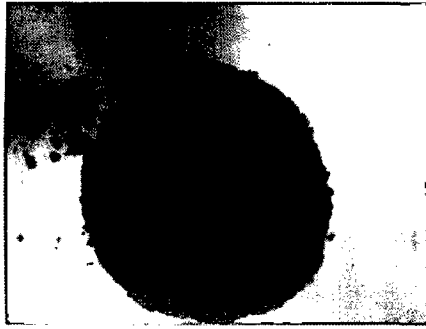


Imagen N°17.- Ensayos de prueba, Relaciona Af/Ag (Características de autcompactabilidad)



Imagen N°18.-Ensayos de prueba (Características de autcompactabilidad – Capacidad de bloqueo)



Imagen N°19.- Exudación del concreto



Imagen N°20.- Exudación del concreto



Imagen N°21.- Peso unitario del concreto fresco.



Imagen N°22.- Obtención del PU del C° Fresco



Imagen N°23.- Consistencia del concreto Patrón-Cemento Pacasmayo Tipo V



Imagen N°24.- Consistencia del concreto Patrón-Cemento Pacasmayo Antisalitre con Fortimax 3

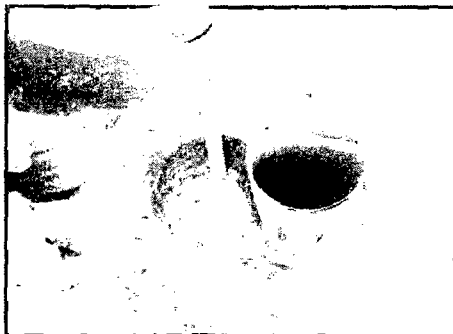


Imagen N°25.- Consistencia del concreto con 0.6% de aditivo.



Imagen N°26.- Apariencia del concreto elaborado con 0.6% de aditivo

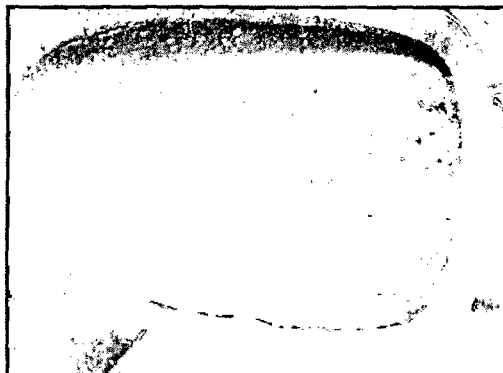


Imagen N°27.- Obtención del concreto Autocompactante.(1.5% Aditivo)



Imagen N°28.-Trabajabilidad del concreto autocompactante.



Imagen N°29.- Trabajabilidad del CAC



Imagen N°30.- Llenado de especímenes de concreto.



Imagen N°31.- Trabajabilidad del CAC



Imagen N°32.- Obtención del concreto Autocompactante.



Imagen N°33.- Ensayo de escurrimiento -

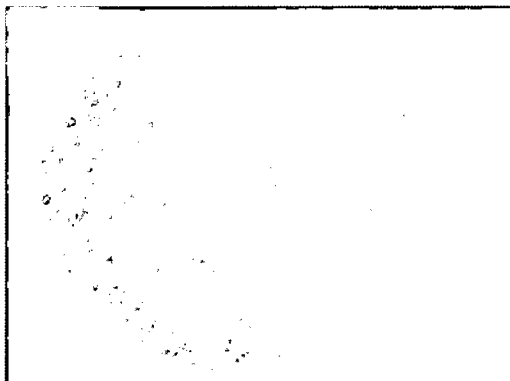


Imagen N°34.- Obtención del diámetro final del ensayo de escurrimiento.



Imagen N°35.- Ensayo de escurrimiento con 2% de aditivo.



Imagen N°36.- Diámetro Final de Ensayo de escurrimiento.

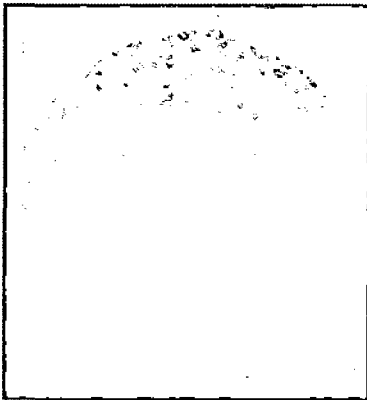


Imagen N°37.- Diametro obtenido con 1.5% aditivo utilizando cemento tipo V.

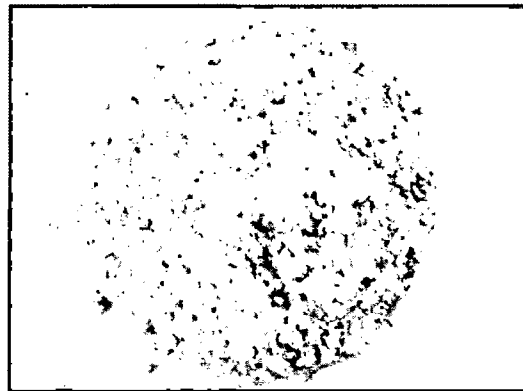


Imagen N°38.- Diametro obtenido con 1.00% aditivo utilizando cemento fortimax 3.

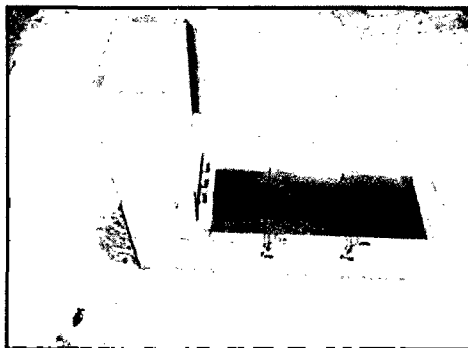
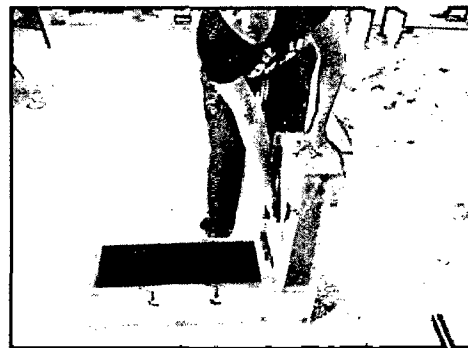


Imagen N°39.- Ensayo de Caja L



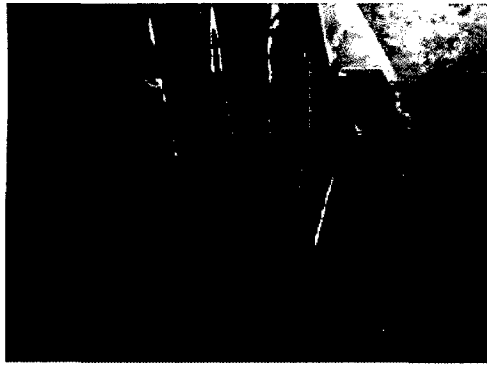


Imagen N°40.- Coeficiente de bloqueo - concreto con 1.5% de aditivo.

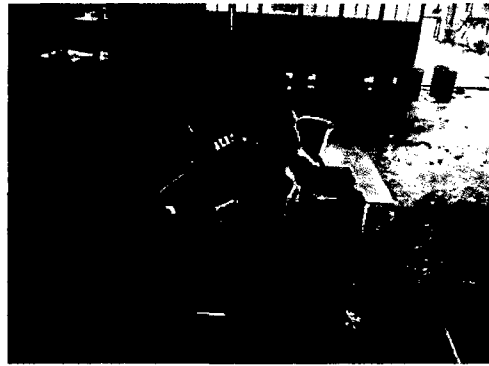


Imagen N°41.- Capacidad de paso de concreto – Ensayo de caja L.



Imagen N°42.- Obtención del coeficiente de bloqueo y capacidad de segregación



Imagen N°43.- Ensayo de Caja L



Imagen N°44.- Ensayo de la caja C



Imagen N°45.- Elaboración de especímenes de concreto Patron

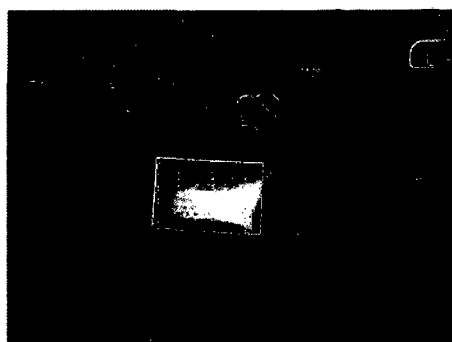


Imagen N°46.-Elaboracion de especímenes de concreto con porcentajes de aditivo.

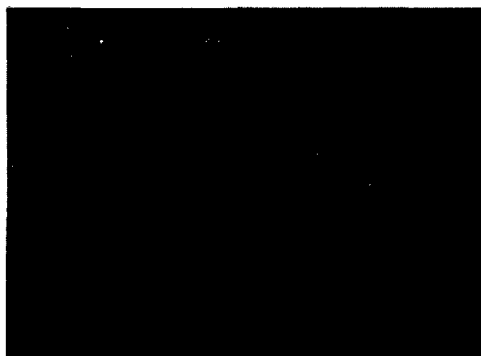


Imagen N°47.- Elaboración de Probetas prismáticas para evaluar resistencia a flexión.



Imagen N°48.- Elaboración de probetas cilíndricas para evaluar resistencia a compresión.

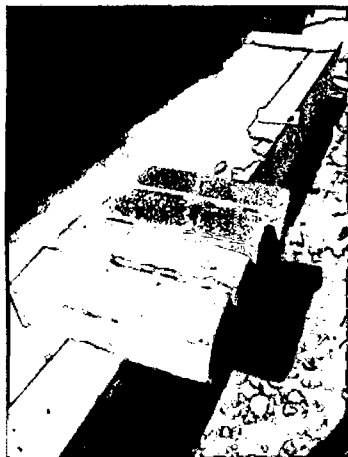


Imagen N°49.- Curado de especímenes de concreto



Imagen N°50.- Curado de especímenes de concreto
- campus universitario



Imagen N°51.- Ensayo para evaluar la
resistencia a compresión.

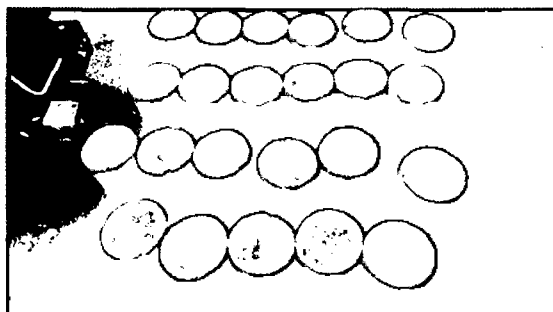


Imagen N°52.- Especímenes de concreto, edad 28 días



Imagen N°53.- Fallas típicas del espécimen
ensayado.(Falla Tipo 2)



Imagen N°54.- Fallas típicas del espécimen
ensayado.(Falla Tipo 5)



Imagen N°55.- Fallas típicas del espécimen ensayado. (Falla Tipo 4)



Imagen N°56.- Fallas típicas del espécimen ensayado. (Falla Tipo 3)

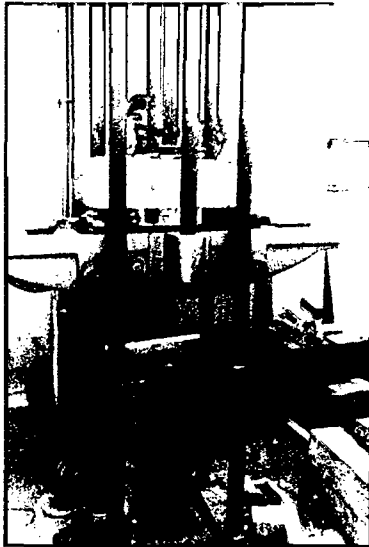


Imagen N°57.- Ensayo para evaluar la resistencia a flexión.

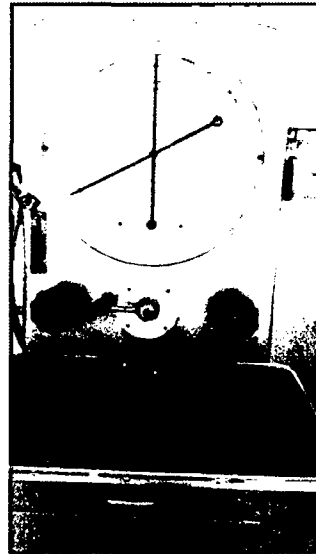


Imagen N°58.- Carga que soporta el espécimen de concreto.



Imagen N°59.- Falla típica del espécimen de concreto.

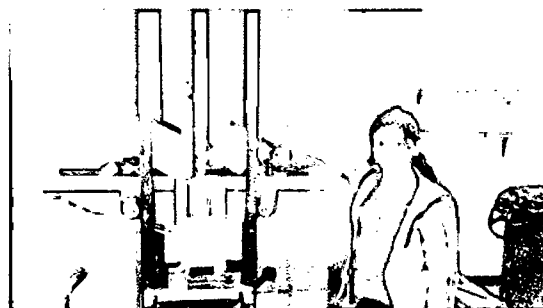


Imagen N°60.- Rotura dúctil del espécimen de concreto

ANEXO D

Sika® ViscoCrete® 3330

Aditivo Superplastificante de Alto Rango para Climas Fríos

| | |
|-----------------------------|---|
| Descripción General | Es un superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para climas fríos y/o se necesita altas resistencias a tempranas edades. |
| Campos de aplicación | <ul style="list-style-type: none"> ■ Es adecuado para la producción de concreto en obra y concreto pre-mezclado. ■ Se usa para los siguientes tipos de concreto: <ul style="list-style-type: none"> - Concreto pre-fabricado. - Acelera la fragua del concreto. - Para concretos de pavimentos tipos Fast Track, concretos de pronta puesta en servicio. - Concreto para climas fríos. - Concreto con alta reducción de agua (hasta 30%) - Es adecuado para concreto bajo agua, sistemas Tremie. (la relación agua material cementante debe ser entre 0.30 a 0.45) - Concreto de alta resistencia. - Concreto autocompactante. ■ El alto poder reductor de agua, la excelente fluidez y el corto tiempo de fraguado con altas resistencias tempranas tienen una influencia positiva en las aplicaciones antes mencionadas |
| Ventajas | <p>Sika® ViscoCrete® 3330 actúa por diferentes mecanismos. Gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtienen las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia) ■ Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración). ■ Adecuado para la producción de concreto autocompactante. ■ Incrementa las altas resistencias iniciales (producción de prefabricados) ■ Alta impermeabilidad ■ Menor relación agua – cemento la impermeabilidad. ■ Aumenta la durabilidad del concreto. ■ Reduce la exudación y segregación. ■ Aumenta la cohesión del concreto. ■ Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero. ■ Comportamiento mejorado de contracción y deslizamiento. ■ Reduce la carbonatación del concreto <p>Sika® ViscoCrete® 3330 no contiene cloruros ni otros ingredientes que promuevan la corrosión del acero. Por lo tanto, puede usarse sin restricciones en construcciones de concreto reforzado y pre-tensado.</p> |
| Datos Básicos | |
| Aspecto | Líquido. |
| Color | Marrón. |
| Presentación | ■ Cilindro x 200 L. |
| Almacenamiento | 12 meses a partir de la fecha de producción, en su envase original y sin abrir, protegido de la luz directa del sol y de las heladas, a temperaturas entre 5 °C y 35 °C. |
| Datos Técnicos | |
| Densidad | 1.07 kg/L ± 0.01 |
| Norma | Cumple con la norma ASTM C-494 tipo G y ASTM C-1017 |
| Aplicación | |
| Consumo | <ul style="list-style-type: none"> ■ Para concretos plásticos suaves: 0,4 % - 1 % del peso del cemento. ■ Para concretos fluidos y autocompactantes: 1 % - 2 % del peso del cemento. |

| | |
|--|---|
| Método de aplicación | <p>Sika® ViscoCrete® 3330 se agrega al agua de amasado o junto con el agua a la mezcladora de concreto. Para un aprovechamiento óptimo de la alta capacidad de reducción de agua, recomendamos un mezclado cuidadoso durante 60 segundos como mínimo.</p> <p>Para evitar la exudación en el concreto y lograr la consistencia deseada, el agua restante de la mezcla recién se añadirá cuando hayan transcurrido 40 segundos del tiempo de mezclado.</p> <p>El uso de Sika® ViscoCrete® 3330 garantiza un concreto de la más alta calidad. Sin embargo, también en el caso del concreto preparado con Sika® ViscoCrete® 3330 debe cumplirse con las normas estándar para la buena producción y colocación de concretos.</p> <p>El concreto fresco debe ser curado apropiadamente con Sika® Antisol® S. Cuando se trabaja con relaciones a (material cementante) bajas es recomendable mezclar el concreto de 7 a 10 minutos.</p> |
| Importante | <p>Para Concretos Fluidos y Concretos Autocompactantes. Sika® ViscoCrete® 3330 también puede usarse para concretos fluidos y autocompactantes mediante la utilización de dosificaciones especiales de mezclado.</p> <p>Cuando el Sika® ViscoCrete® 3330 está Congelado. Descongelarlo lentamente a temperatura ambiente y mezclarlo en forma intensiva.</p> <p>Combinaciones. Sika® ViscoCrete® 3330 puede combinarse con los siguientes productos Sika®: Sika® CNI , Sika® Fume y Sika® Aer, Sika® Rapid 1 entre otros. Se recomienda realizar un ensayo previo si se realizan combinaciones de varios de los productos antes mencionados. Favor consultar a nuestro servicio técnico.</p> |
| Instrucciones de Seguridad Precauciones de manipulación | <p>Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.</p> |
| Ecología | <p>No desechar en vías acuáticas ni en el suelo. Cumplir las normas locales al respecto.</p> |
| Toxicidad | <p>No tóxico según los códigos suizos vigentes sobre salud y seguridad.</p> |
| Observaciones | <p>La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe</p> |
| Nota Legal | <p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.</p> <p>Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.</p> |

“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°4 la misma que deberá ser destruida”

Sika Perú S.A., Centro Industrial "Las Praderas de Lurín " S/N, MZ "B"
 Lote 5 y 6 Lurín, Lima – Perú Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070
 E-mail: construccion@pe.sika.com / Web: www.sika.com.pe





PACASMAYO

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

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



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

CEMENTO ANTISALITRE NUEVA FÓRMULA **FORTIMAX3**

Cemento Portland Tipo MS(MH)(R)

Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157
Pacasmayo, 13 de febrero 2015.

| PROPIEDADES FISICAS | | CPSAA | Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157 |
|------------------------|--------------------|-------|---------------------------------------|
| Contenido de Aire | % | 5 | NO ESPECIFICA |
| Expansión en Autoclave | % | 0.06 | Máximo 0.80 |
| Superficie Especifica | cm ² /g | 4800 | NO ESPECIFICA |
| Retenido M325 | % | 5.5 | NO ESPECIFICA |
| Densidad | g/mL | 2.94 | NO ESPECIFICA |

Resistencia Compresión :

| | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|---------------|-----------------------------|
| Resistencia Compresión a 3 días | MPa (kg/cm ²) | 23.2 (237) | Mínimo 11.0 (Mínimo 112) |
| Resistencia Compresión a 7 días | MPa (kg/cm ²) | 32.2 (328) | Mínimo 16.0 (Mínimo 164) |
| Resistencia Compresión a 28 días (*) | MPa (kg/cm ²) | 43.2 (440) | Mínimo 28.0 (Mínimo 286) |

Tiempo de Fraguado Vicat :

| | | | |
|------------------|-----|-----|------------|
| Fraguado Inicial | min | 174 | Mínimo 45 |
| Fraguado Final | min | 329 | Máximo 420 |

| | | | |
|--------------------------------------|---------|-------|--------------|
| Expansión Barra de Mortero a 14 días | % | 0.004 | Máximo 0.020 |
| Expansión por Sulfato a 6 meses | % | 0.04 | Máximo 0.10 |
| Calor de Hidratación a 7 días | kcal/kg | 67 | Máximo 70 |

Opción R: Baja reactividad con agregados álcali-silíce reactivos

| | | | |
|---------------------|---|-------|--------------|
| Expansión a 14 días | % | 0.005 | Máximo 0.020 |
| Expansión a 56 días | % | 0.016 | Máximo 0.060 |

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el período del 01-01-2015 al 31-01-2015.

La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de diciembre 2014.

La expansión de la barra del mortero corresponde al mes de diciembre 2014.

La expansión por sulfatos a 6 meses corresponde al mes de julio 2014.

El calor de hidratación corresponde al mes de diciembre 2014.

Opción R corresponden al mes de noviembre 2014.

(*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff Rojas
Superintendente de Control de Calidad

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

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



PACASMAYO

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 686 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

Cemento Portland Tipo V

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 13 de febrero 2015

| COMPOSICIÓN QUÍMICA | | CPSAA | Requisito NTP 334.009 / ASTM C150 |
|----------------------|---|-------|--------------------------------------|
| MgO | % | 2.1 | Máximo 6.0 |
| SO3 | % | 1.9 | Máximo 2.3 |
| C3A | % | 2 | Máximo 5 |
| C4AF + 2(C3A) | % | 21 | Máximo 25 |
| Pérdida por Ignición | % | 1.5 | Máximo 3.0 |
| Residuo Insoluble | % | 0.53 | Máximo 0.75 |

| PROPIEDADES FÍSICAS | | CPSAA | Requisito NTP 334.009 / ASTM C150 |
|------------------------|--------------------|-------|--------------------------------------|
| Contenido de Aire | % | 10 | Máximo 12 |
| Expansión en Autoclave | % | 0.09 | Máximo 0.80 |
| Superficie Específica | cm ² /g | 3070 | Mínimo 2800 |
| Densidad | g/mL | 3.15 | NO ESPECÍFICA |

Resistencia Compresión :

| | | | |
|----------------------------------|------------------------------|---------------|-----------------------------|
| Resistencia Compresión a 3 días | MPa (kg/cm ²) | 21.7 (221) | Mínimo 8.0 (Mínimo 82) |
| Resistencia Compresión a 7 días | MPa (kg/cm ²) | 27.4 (280) | Mínimo 15.0 (Mínimo 153) |
| Resistencia Compresión a 28 días | MPa (kg/cm ²) | 37.9 (387) | Mínimo 21.0 (Mínimo 214) |

Tiempo de Fraguado Vicat :

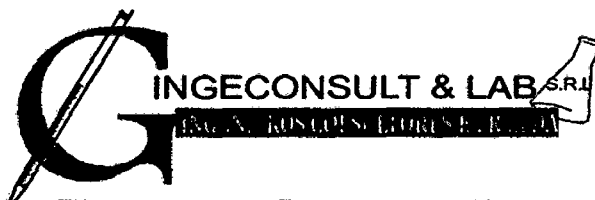
| | | | |
|------------------|-----|-----|------------|
| Fraguado Inicial | min | 195 | Mínimo 45 |
| Fraguado Final | min | 345 | Máximo 375 |

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-01-2015 al 31-01-2015.
La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de diciembre 2014.

Ing. Ivanoff Rojas
Superintendente de Control de Calidad

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

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



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS - ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793


**ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE
AGREGADO (NTP 339.176, AASHTO T290)**

TESISTA : CARMEN GISSELA PEREZ VILLAR
TESIS : " INFLUENCIA DEL ADITIVO SIKA VISCOCRETE 3330 EN LA
DURABILIDAD DE CONCRETOS AUTOCOMPACTANTES
ELABORADOS CON CEMENTO TIPO II Y V"
ESCUELA : INGENIERIA CIVIL
MUESTRA : M2
FECHA : 08/10/14

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

| MUESTRA | pH | SULFATOS (SO ₄) ⁻² ppm | CLORUROS Cl ⁻¹ ppm | TEMPERATURA °C |
|----------|------|--|----------------------------------|-------------------|
| AGREGADO | 9.57 | 72.56 | 62.51 | 19.8 |

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo.


Masqueira Estfaver
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27664



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793

**ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA DE
AGREGADO FINO**

NORMA MTC E 213


TESISTA : CARMEN GISSELA PEREZ VILLAR
TESIS : " INFLUENCIA DEL ADITIVO SIKA VISCOCRETE 3330 EN LA
DURABILIDAD DE CONCRETOS AUTOCOMPACTANTES
ELABORADOS CON CEMENTO TIPO II Y V"
ESCUELA : INGENIERIA CIVIL
MUESTRA : M2
FECHA : 08/10/14

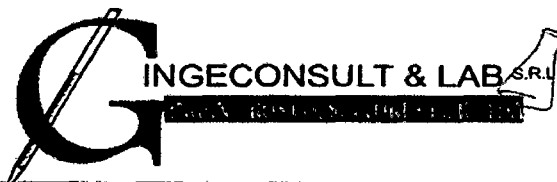
MÉTODO COLORIMÉTRICO ($K_2Cr_2O_7$)

1. **Muestra de Ensayo** : 100 gr. De muestra
2. **Color estándar de referencia** : Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en presencia de ácido sulfúrico (H_2SO_4)
3. **Resultado** : El color del líquido de la muestra del ensayo es menos oscuro que el color estándar de referencia; por lo tanto no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo

CONCLUSIÓN: De acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra de ensayo no supera el color estándar de referencia, por lo tanto, no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.


Hugo Mosqueira Estrada
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27664



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793

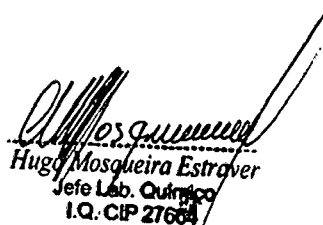
**ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE
AGREGADO (NTP 339.176, AASHTO T290)**

TESISTA : CARMEN GISELA PEREZ VILLAR
TESIS : "INFLUENCIA DEL ADITIVO SIKA VISCOCRETE 3330 EN LA
DURABILIDAD DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE
ELABORADO CON CEMENTO TIPO II Y V"
ESCUELA : INGENIERIA CIVIL
MUESTRA : M1
FECHA : 08/10/14

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

| MUESTRA | pH | SULFATOS (SO ₄) ⁻² ppm | CLORUROS Cl ⁻¹ ppm | TEMPERATURA °C |
|----------|------|--|----------------------------------|-------------------|
| AGREGADO | 9.54 | 78.30 | 64.40 | 20.1 |

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo.


Hugo Mosqueira Estraver
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27664

**ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA DE
AGREGADO GRUESO**

NORMA MTC E 213


TESISTA : CARMEN GISSELA PEREZ VILLAR
TESIS : "INFLUENCIA DEL ADITIVO SIKA VISCOCRETE 3330 EN LA
DURABILIDAD DE CONCRETOS AUTOCOMPACTANTES
ELABORADOS CON CEMENTO TIPO II Y V"
ESCUELA : INGENIERIA CIVIL
MUESTRA : M1
FECHA : 08/10/14

MÉTODO COLORIMÉTRICO ($K_2Cr_2O_7$)

- 1. Muestra de Ensayo** : 100 gr. De muestra
- 2. Color estándar de referencia** : Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en presencia de ácido sulfúrico (H_2SO_4)
- 3. Resultado** : El color del líquido de la muestra del ensayo es menos oscuro que el color estándar de referencia; por lo tanto no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo

CONCLUSIÓN: De acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra de ensayo no supera el color estándar de referencia, por lo tanto, no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio


Hugo Mosqueira Estrayer
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27664