

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



## FACULTAD DE INGENIERIA

### ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

#### EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, DE ESPECÍMENES DE CONCRETO USANDO ADITIVO ADHERENTE "CHEMA EPOX ADHESIVO 32" EN JUNTAS FRIAS EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA

#### TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

#### ASESOR:

**Ing° Wilfredo Renan Fernández Muñoz**

#### BACHILLER:

**Eduardo Salomón Valencia Zafra**

**CAJAMARCA, PERÚ**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION, DE  
ESPECIMENES DE CONCRETO USANDO ADITIVO ADHERENTE  
"CHEMA EPOX ADHESIVO 32" EN JUNTAS FRIAS EN EL DISTRITO  
DE CAJAMARCA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL

ASESOR: Ing° Wilfredo Renan Fernandez Muñoz

BACHILLER: Eduardo Salomón Valencia Zafra

Cajamarca, Perú

-2013-

## DEDICATORIA

Dedico este arduo trabajo a:

*Mi Madre.* Mi primera gran aliada en esta dura batalla que es la vida, de quien aprendí a querer, pensar, a persistir sin darme por vencido, de quien me aferre desde que percibí la vida en mi cuerpo, me formo en su vientre, me cobijo de niño en su regazo, dio parte de su vida para forjar en mí la persona que ahora soy.

*A mis Hermanos.* Esas personas con quien Logre aprender de niño a vencer obstáculos, ellos fueron para mí una gran motivación y apoyo, hoy son ese grupo de gente que cree en mí, son de quienes puedo escuchar frases de aliento en momentos difíciles de quienes tengo los recuerdos de la convivencia que Dios nos permitió compartir, son riquezas invaluable que perdurarán en esta vida y para siempre.

*A mis Mentores.* Personas de gran valor, personas que marcaron mi personalidad, que me brindaron apoyo en momentos muy complicados, que resaltaron cualidades que tenía y no conocía, que fueron un trampolín para asirme a hitos que permitieron mi superación, personas que posiblemente me recuerden, algunos vivos otros ya radican en la celestial morada.

*A Mechita mi esposa, Adrián y Mariana mis amados hijos.* Con quienes convivo en mi presente, me aman, me motivan, me ayudan, son la fuerza que me impulsa a seguir adelante.

También dedico este trabajo a toda la juventud venidera que se inclinen por ser ingenieros Civiles.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Cajamarca que a través de sus docentes me inculcaron los conocimientos y carácter que me permiten ahora concluir este importante documento.

Al MCs. Ing. Wilfredo Fernandez Muñoz por sus acertados consejos y apoyo en el desarrollo de este significativo proyecto personal.

A mis familiares y amigos que me brindaron apoyo durante los años de mi formación profesional, que creyeron en mí y en lo que podía lograr.

## INDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
INDICE.....	III
INDICE DE TABLAS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCION.....	XII
1 CAPITULO I. MARCO TEÓRICO.....	- 1 -
1.1 ANTECEDENTES.....	- 1 -
2 CAPITULO II. MATERIALES Y METODOS.....	- 12 -
2.1 Ubicación Geográfica.....	- 12 -
2.2 Tipo de investigación.....	- 14 -
2.3 Material Experimental.....	- 14 -
2.3.1 Elaboración de Especímenes de Concreto.....	- 16 -
2.3.2 Aplicación del aditivo. ....	- 40 -
2.3.3 Prueba a la Compresión de Especímenes y registro de datos: .....	- 45 -
2.4 Hipotesis y variables.....	- 47 -
2.4.1 Hipotesis.....	- 47 -
2.4.2 Variables.....	- 47 -
3 CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	- 48 -
3.1 Agregado Fino.....	- 48 -
3.2 Agregado Grueso.....	- 48 -
3.3 Diseño de Mezcla. ....	- 49 -
3.4 Elaboración de probetas patrón y secciones con cara a 30° y aplicación del adhesivo.-	49 -
3.5 Resultados de las pruebas a compresión.....	- 56 -
4 CAPITULO IV. CONCLUSIONES.....	- 66 -
4.1 Los especímenes de concreto para los tipos IV y V en los que se utilizó el adhesivo epóxico alcanzan la resistencia a la compresión planteada, su comportamiento es similar a los especímenes monolíticos.....	- 66 -

4.2	Los agregados del rio Cajamarquino utilizados para el diseño de la mezcla de concreto tienen características físicas, químicas y mecánicas apropiadas para ser usadas en el concreto. - 66	-
4.3	La aplicación del adhesivo epóxico sobre una superficie limpia, tratada de acuerdo a las indicaciones de las normas descritas en este documento, y bajo las indicaciones del fabricante permiten obtener resultados correctos en la prueba a la compresión. .... - 66	-
4.4	Se determinó el diseño de mezcla de concreto mediante el método del Módulo de Fineza de la combinación de agregados alcanzándose la resistencia de diseño. .... - 66	-
4.5	Se observó mejor comportamiento del adhesivo epóxico en la unión de concreto endurecido con concreto endurecido. .... - 66	-
5	CAPITULO V. BIBLIOGRAFIA. .... - 67	-
5.1	American Concrete Institute. 2010. ACI 301S-10: Especificaciones para Concreto Estructural. P 25-30. .... - 67	-
5.2	ASTM C882/C882M 2012: Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used With Concrete By Slant Shear. .... - 67	-
5.3	ASTM C881/C881M – 10: Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete. .... - 67	-
5.4	J. P. Cook. 1999. Selladores y Adhesivos para Construcción. Limusa. .... - 67	-
5.5	Mexico (U. N. A. M.). 2002. Manual de Tecnología del Concreto Tomo IV. Limusa. .... - 67	-
5.6	Julio Kuroiwa Horiuchi. 2012. Desarrollo De La Cultura De Prevención De Desastres En El Perú. P 2-17. .... - 67	-
5.7	Instituto de Regulación y Finanzas. 2011. El despegue del Perú El Aporte de la Inversión Privada en Infraestructura. P 1-32. .... - 67	-
5.8	Sika. 2011. Adhesivos en la Construcción y Reparación de Estructuras de Concreto. P 12-14. - 67	-
5.9	Ricardo Giani Del Chiaro. Procedimientos De Reparación Estructural. Procret Limitada. P 4-9 - 67	-
5.10	Enrique Rivva L. 2006. Durabilidad y Patología del Concreto. P 17-22. .... - 67	-
5.11	Norma Técnica De Edificación E.060 Concreto Armado. .... - 67	-
5.12	Indecopi. 2002 NTP 400.037-AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto). .... - 68	-
5.13	Indecopi. 1999. NTP 339.033 Hormigón. Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra. .... - 68	-
5.14	Indecopi. 1999. NTP 339.034 Hormigón. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. .... - 68	-
6	CAPITULO VI. ANEXOS. .... - 69	-
6.1	ANEXO A. Resultados de Laboratorio de una Muestra de Agregado Grueso. .... - 69	-
6.2	ANEXO B. Resultados de Laboratorio de una Muestra de Agregado Fino. .... - 70	-

6.3 ANEXO C. Diseño de Mezcla de Concreto. .... - 71 -

6.4 ANEXO D. Hoja Técnica del Adhesivo Epóxico..... - 72 -

6.5 ANEXO E. Análisis Estadístico de los resultados de las pruebas a compresión..... - 73 -

## INDICE DE TABLAS

Tabla II.1. Uso Granulométrico Agregado Fino.....	18
Tabla II.2. Uso Granulométrico Agregado Fino.....	18
Tabla II.3. Huso Granulométrico 57.....	20
Tabla II.4 – Factores de corrección.....	25
Tabla II.5 – Resistencia a la compresión promedio.....	25
Tabla II.6 – Consistencia y asentamiento.....	26
Tabla II.7 – Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.....	26
Tabla II.8 – Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	29
Tabla II.9 – Contenido de agua de mezcla.....	29
Tabla II.10 – Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.....	30
Tabla II.11 – Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometidos a condiciones especiales de exposición.....	31
Tabla II.12 – Módulo de fineza de la combinación de agregados.....	32
Tabla III.1 – Resultados análisis químico del agregado fino.....	48
Tabla III.2 – Resultados análisis químico del agregado grueso.....	48
Tabla III.3 – Resultados de pruebas a compresión de especímenes monolíticos.....	56
Tabla III.4 – Resultados de pruebas a compresión de especímenes conformados por dos secciones de concreto endurecido.....	57
Tabla III.5 – Resultados de pruebas a compresión de especímenes conformados por dos secciones de concreto endurecido con mortero fresco.....	61



## INDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Construcción del nuevo terminal de contenedores – Muelle Sur.....	1
Figura I.2 Índice de calidad de infraestructura.....	2
Figura I.3 Edificaciones de Concreto Armado.....	3
Figura I.4 Fallas: Columna Corta y Edificio Abierto. Sismo de Perú de 2007.....	5
Figura I.5 Ensayo de corte por compresión.....	10
Figura I.6 Slant Shear Test.....	11
Figura II.1 Ubicación Región Cajamarca.....	13
Figura II.2 Recolección de muestras de agregados para evaluación de análisis físico, químico y mecánico Rio Cajamarquino Sector Viaducto.....	17
Figura II.3. Sección con cara a 30°.....	37
Figura II.4 Moldes de PVC patrón y Secciones con cara a 30°.....	38
Figura III.1 Tamizado de agregados en laboratorio.....	49
Figura III.2 Materiales para elaboración de probetas.....	50
Figura III.3 Elaboración de probetas monolíticas en moldes de PVC.....	51
Figura III.4 Elaboración de secciones con cara a 30° en moldes de PVC de tres pulgadas de diámetro.....	51
Figura III.5 Elaboración probetas para pruebas tipo IV unión de dos secciones con cara a 30° concreto endurecido adherido a concreto endurecido Secciones antes de colocar el adhesivo epóxico.....	52
Figura III.6 Elaboración probetas para pruebas tipo IV unión de dos secciones con cara a 30° concreto endurecido adherido a concreto endurecido Secciones con capa de adhesivo epóxico.....	52
Figura III.7 Elaboración probetas para pruebas tipo IV unión de dos secciones con cara a 30° concreto endurecido adherido a concreto endurecido Secciones Unidas.....	53
Figura III.8 Elaboración probetas para pruebas tipo V unión de dos secciones con cara a 30° concreto endurecido adherido a Mortero fresco Secciones de concreto endurecido con capa de adhesivo epóxico.....	53
Figura III.9 Elaboración probetas para pruebas tipo V unión de dos secciones con cara a 30° concreto endurecido adherido a Mortero fresco Secciones de concreto endurecido con capa	

de adhesivo epóxico introduciéndolo en molde de PVC de 3 pulgadas de diámetro y 6 pulgadas de altura.....54

Figura III.10 Elaboración probetas para pruebas tipo V unión de dos secciones con cara a 30° concreto endurecido adherido a Mortero fresco Colocación de mortero fresco en la sección restante.....54

Figura III.11 Elaboración probetas para pruebas tipo V unión de dos secciones con cara a 30° concreto endurecido adherido a Mortero fresco Llenado de probetas concluido.....55

Figura III.12 Ubicación de probeta para ser sometida a fuerzas de compresión.....58

Figura III.13 Inicio de prueba a compresión del espécimen.....58

Figura III.14 Aparición de grietas en el espécimen.....59

Figura III.15 El espécimen falló fin de la prueba.....59

Figura III.16 Retiro de los restos de la probeta.....60

Figura III.17 Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 7 días – Inicio de la prueba de compresión.....62

Figura III.18 Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 7 días – Se observan fallas en el concreto y en la sección con adherente epóxico.....62

Figura III.19 Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 7 días – Concluye la prueba la fractura se expande por la sección con adhesivo....63

Figura III.20 Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 7 días – Partes de la probeta.....63

Figura III.21 Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 14 días – Probeta instalada para evaluación.....64

Figura III.22 Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 14 días – Se observan fisuras.....64

Figura III.23 Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 14 días – Las fisuras se extienden hasta la sección con adhesivo epóxico. Fin de la prueba.....65

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la resistencia a la compresión, de especímenes de concreto en los que se utiliza aditivo “chema epox adhesivo 32” en juntas frías, en el distrito de Cajamarca. La toma de los datos se realizó entre enero y marzo del 2013, mediante trabajo de campo, laboratorio y gabinete. Se usó agregados del rio Cajamarquino y cemento Tipo I para el diseño de mezcla de concreto con una resistencia de  $210 \text{ Kg/cm}^2$ , construcción de especímenes de tres pulgadas de radio y seis pulgadas de altura normado por la ASTM C882, se realizaron pruebas para las clasificación IV y V descrito en la norma ASTM C881. Se observó que con una correcta aplicación del adhesivo entre los sustratos que conforman los especímenes, estos se comportan como un elemento monolítico al someterlos a fuerzas de compresión, la rotura se produce en todo el elemento y no en el plano inclinado donde se aplicó el puente adherente.

Palabras Clave: Adhesivo, resinas epóxicas, puente adherente, fuerzas de compresión, fuerzas de compresión.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the compressive strength of concrete specimens used in the additive "chema epox adhesive 32" in cold joints, in the district of Cajamarca. The taking of the data was performed between January and March 2013, through field work, laboratory and cabinet. River aggregate was used Cajamarquino and for Type I cement concrete mix design with a strength of 210 Kg/cm<sup>2</sup>, construction of specimens within three inches high and six inches regulated by ASTM C882, was tested for classification IV and V described in ASTM C881. It was observed that with a correct application of the adhesive between the substrates that form the specimens, they behave as a monolithic element when subjected to compressive forces, breakage occurs in the entire element rather than the inclined plane that has received the bridge adherent.

Keywords: Adhesive, epoxy, adhesive bridge, compression forces, compressive forces.

## INTRODUCCION

El mundo actual se desarrolla alrededor de la tecnología y la tecnología requiere de infraestructura para brindar el servicio al que se debe, la robusta infraestructura que se observa como edificios, puentes, represas, entre otros están constituidos en su mayoría por concreto armado o estructural, estas estructuras se construyen por etapas obligando al profesional encargado a colocar concreto fresco sobre concreto endurecido según alguna programación planificada anteriormente. La unión entre el concreto fresco con el endurecido se llama comúnmente Juntas pudiendo ser estas Juntas definidas o de construcción o Juntas inesperadas o frías, sea cual sea el caso estas uniones tienen un tratamiento especificado en las normas técnicas de muchos países incluyendo las Normas Técnicas Peruanas. Entre los tratamientos más comunes desarrollados en la práctica constructiva está el uso de adhesivos epóxicos o puente adherente el cual debe estar acompañado por una limpieza firme de la cara de concreto endurecido para retirar partículas débiles y dejar expuestos áridos fuertemente fijados al elemento estructural. Se busca con este método que las juntas sean capaces de transferir los esfuerzos de corte y tracción a través de la interfaz entre los concretos que conforman el elemento estructural al que se coloca el concreto en dos etapas.

Se debe, en lo posible, disponer la ubicación de las juntas en zonas donde el esfuerzo cortante tenga mínima influencia debido a que existe la posibilidad de originarse planos débiles dentro de la estructura donde no se asegura la resistencia estructural ni la impermeabilidad al traspaso del agua, con el consiguiente deterioro del elemento estructural.

Otros tratamientos calificados como óptimos para lograr una buena rugosidad de superficie y asegurar la continuidad monolítica en las juntas son la aplicación de chorro de agua a presión en el periodo inicial de endurecimiento del concreto y chorro de arena después de endurecido sobre la superficie de contacto.

Se evaluará en este proyecto de investigación el comportamiento de las juntas usando aditivo adherente epóxico debido a que es uno de los métodos más usados en la ejecución de estructuras de concreto y del cual existe poca información experimental en nuestro medio. Buscamos sumar la experiencia que se adquiera en este proyecto a las buenas prácticas constructivas.

#### **HIPOTESIS.**

El Aditivo adhesivo epóxico conserva la resistencia a compresión de los especímenes de concreto.

#### **OBJETIVOS GENERALES.**

Evaluar la resistencia a la compresión, de los especímenes de concreto en los que se utiliza aditivo adhesivo epóxico en juntas frías, en el distrito de Cajamarca.

#### **OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

Determinar las características físicas, químicas y mecánicas de la cantera del río Cajamarquino.

Describir la correcta aplicación del aditivo adhesivo epóxico en juntas frías en los especímenes de concreto.

Determinar el diseño de mezclas para una resistencia de 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

## CAPITULO I. MARCO TEÓRICO

### 1.1 ANTECEDENTES.

El Progreso económico, social y humano de un país está correlacionado con el grado de desarrollo de su infraestructura ya que sirven de soporte para el desarrollo de las actividades cotidianas y productivas del país. El BID (2000)<sup>1</sup> define a la infraestructura como el conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones de larga vida útil, que constituyen la base sobre la cual se produce la prestación de servicios considerados necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales, estando enfocada la inversión en infraestructura para la construcción de carreteras, puentes, aeropuertos, ferrocarriles, plantas de tratamiento de agua potable, de aguas residuales y presas de trasvase de agua, entre otros como edificaciones, energéticas, hidráulicas, telecomunicaciones, etc.

**Figura I.1. Construcción del nuevo terminal de contenedores – Muelle Sur**

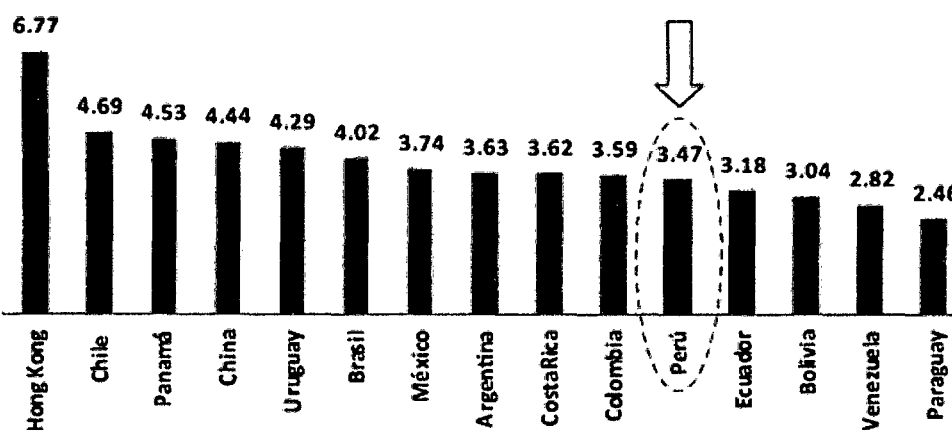


Fuente: DP World Callao

<sup>1</sup> El despegue del Perú El Aporte de la Inversión Privada en Infraestructura. Instituto de Regulación y Finanzas. Febrero 2011. Página 32.

Según la calificación otorgada por el WEF<sup>2</sup>, la calidad de la infraestructura en el Perú es baja, siendo lento el avance para mejorar la infraestructura en el país, ocasionando que nos encontremos rezagados con un puntaje de 3.47 (Figura I.2), ubicándonos en el puesto 88 de 139 países.

Figura I.2 Índice de calidad de infraestructura



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Fuente: Global Competitiveness Report 2010-2011 (1=Subdesarrollado, 7 = Eficiente y amplia cobertura).

Considerar la calidad de nuestra infraestructura es importante para ser más competitivos en el mundo y preservar vidas, el recurso más importante en términos sociales. Debido a que la inversión para desarrollar la infraestructura nacional asciende a millones<sup>3</sup> por año y como los profesionales responsables del diseño y construcción de este activo nacional debemos desarrollar estas dos importantes actividades basadas en Normas y procedimientos Nacionales e Internacionales.

El conjunto de estructuras que conforman la infraestructura nacional es en su mayoría de concreto armada o estructural, definida por las Normas Técnicas Peruanas<sup>4</sup> como: **Concreto estructural** — Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto

<sup>2</sup> El despegue del Perú El Aporte de la Inversión Privada en Infraestructura. Instituto de Regulación y Finanzas. Febrero 2011. Página 32.

<sup>3</sup> <http://elcomercio.pe/actualidad/1505797/noticia-aeropuerto-jorge-chavez-duplicara-trafico-pasajeros-al-2030>

<sup>4</sup> NTP E.060 Concreto Armado



simple y al concreto reforzado. **Concreto armado o reforzado** — Concreto estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero, pre esforzado o no.

**Figura I.3 Edificaciones de Concreto Armado**



Se puede extraer de la definición dos elementos importantes el concreto y el refuerzo, ambos materiales actúan juntos para resistir esfuerzos generados por diversas cargas<sup>5</sup> las que se definen en las normas como: carga de servicio, carga factorizada, carga muerta, carga viva, carga de sismo, carga de viento entre otras, que son consideradas durante el diseño. Es en esta etapa, donde se definen criterios como la resistencia del concreto ( $f'c$ ), el área del refuerzo ( $A_s$ ), secciones de columnas, vigas, placas, muros, etc. y en general la configuración de la estructura en base a lo que desarrolla su comportamiento el cual es idealizado por un modelo matemático por el ingeniero Estructural.

El complemento al diseño es el proceso constructivo de la estructura, el cual debe realizarse dentro de las tolerancias especificadas, en base a procedimientos estandarizados, de acuerdo a lo planteado en planos y alcances, etc. para garantizar un comportamiento seguro<sup>6</sup> de la estructura semejante a lo proyectado.

En el Perú y el mundo se observa a pesar de los esfuerzos, estructuras que fallan, ya que estas, de acuerdo al territorio que ocupan están amenazados por desastres<sup>7</sup> de origen

<sup>5</sup> NTP E.060 Concreto Armado Capítulo 8 Sección 8.2. Cargas.

<sup>6</sup> Norma ASTM C 33 para tolerancia de agregados, NTP E.060 Concreto Armado Capítulo 7 Sección 7.5.2. Tolerancia de refuerzo, NTP E.060 Concreto Armado Capítulo 16 Sección 16.6.2.2 Tolerancia Concreto pre fabricado.

<sup>7</sup> Desarrollo de la Cultura de Prevención de Desastres en el Perú. Julio Kuroiwa Horiuchi. Academia Peruana de Ingeniería.

geológico (Terremotos, Tsunamis y vulcanismo) y de origen climático (Lluvias Torrenciales, inundaciones, huaicos, deslizamientos y sequías), eventos posiblemente no previstos durante la etapa de diseño. Los posibles esfuerzos adicionales a las que son sometidas las estructuras durante el evento o desastre generan fallas en estas, los tipos de falla<sup>8</sup> con mayor frecuencia de repetición observados, en cientos de obras reparadas, presentan la siguiente distribución aproximada:

- **Fallas por diseño: 20%.** Formación de pilares cortos o columna corta, Uniones Machones – Vigas y Fallas de fundaciones.
- **Fallas por construcción: 80%.** Juntas de concreto mal ejecutadas, Nidos de piedra (cangrejas), Concreto de calidad deficiente y Armaduras mal distribuidas o empalmes insuficientes. De estas fallas, **las juntas de concreto** representan aproximadamente el **50%**<sup>9</sup>.

Resulta preocupante el alto porcentaje que representan las fallas en juntas ya que tienen un tratamiento normado para las etapas de diseño y construcción, pues la estabilidad de una estructura está condicionada al monolitismo de sus elementos y de la estructura según está configurada en la etapa de diseño. Estas posibles secciones de falla se generan durante el proceso de colocación del concreto y en función al tipo de junta - Juntas pre determinadas y/o imprevistas – deben tener un tratamiento ceñido a las normas<sup>10</sup>.

---

<sup>8</sup> Procedimientos de Reparación Estructural. PROCRET LIMITADA. Ricardo Giani del Chiaro. Octava edición.

<sup>9</sup> Procedimientos de Reparación Estructural. PROCRET LIMITADA. Ricardo Giani del Chiaro. Octava edición.

<sup>10</sup> Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado. ASTM C494\_C494 Especificación Normalizada para Aditivos Químicos para el Concreto. ASTM C881/C881M – 10 Especificación Estándar para Sistemas Adhesivos Epoxy base de Resinas para Concreto. ASTM C882/C882M – 12 Método de Prueba Estándar para Resistencia de Adherencia de los Sistemas de Resinas Epoxi Utilizado con Concreto por cizallamiento. Norma ACI 301-10 Especificaciones para Concreto Estructural Sección 5 - manejo, colocación y construcción.

**Figura I.4 Fallas: Columna Corta y Edificio Abierto. Sismo de Perú de 2007**

Fuente: Centro de Investigaciones Científicas. Fallas frecuentes durante los terremotos.

Por su naturaleza y métodos constructivos no siempre es posible la ejecución de las obras de concreto de manera continua lo que ha obligado a estudiar cómo asegurar el buen comportamiento de las estructuras a pesar de la presencia de juntas de concreto y procurar obtener el monolitismo de los elementos estructurales que la conforman. Las normas establecen para estos efectos ciertos tratamientos, estos tratamientos, además de asegurar el monolitismo de la estructura deben asegurar la impermeabilidad de la interfaz para resguardar el estado del acero de refuerzo que de sufrir corrosión puede generar mayores costos de mantenimiento de la estructura.

Las juntas *previstas* que tienen por finalidad concluir la colocación del concreto de algún elemento o para terminar una jornada de trabajo y de igual manera las juntas *súbitas* provocadas por hechos eventuales como cambios climáticos, desperfectos en maquinarias o equipos que a pesar de agotar los recursos no se llegan a evitar, tiene un tratamiento indicado en la Norma Técnica Peruana de Edificación E.060 Concreto Armado, en las Normas Técnicas Chilenas NCh170 Of85 Hormigón Requisitos Generales, en la Norma Técnica Colombiana NTC 5551 Concretos Durabilidad de Estructuras de Concreto, en general en las Normas de todos los países que forman parte de la COPANT – Comisión Panamericana

de Normas Técnicas. También se indica el tratamiento de juntas en la norma ACI 301-10 Especificaciones para Concreto Estructural Sección 5 - manejo, colocación y construcción.

En las especificaciones descritas se indica sobre juntas de construcción y otras articulaciones unidas<sup>11</sup>: Buscar las juntas de construcción como se indica en los planos de proyecto o en las especificaciones, eliminar la lechada y limpiar a fondo y humedecer las juntas de construcción antes de la colocación del concreto fresco. Cuando la unión se requiere o se permite utilizar uno de los siguientes métodos:

- Utilice un adhesivo aceptable aplicado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante;
- Utilice un retardador superficial aceptable de acuerdo con las recomendaciones del fabricante;
- Desbaste la superficie de una manera aceptable que expone el agregado uniformemente y no deja residuos, ni partículas sueltas del agregado, o concreto dañada en la superficie, o
- Use lechada de cemento Portland de las mismas proporciones que el mortero en el hormigón de manera aceptable.

Investigaciones sobre el comportamiento de juntas de concreto, tratadas con métodos tradicionales como picado, escobillado, chorro de arena y de puentes de adherencia son los más frecuentes. De la Tesis “Estudio Comparativo Del Comportamiento Mecánico Y Permeabilidad De Juntas Frías De Hormigonado Materializadas Con Mallas Metálicas” se obtuvo el alcance y conclusiones de algunas investigaciones similares.

---

<sup>11</sup> Norma ACI 301-10 Especificaciones para Concreto Estructural Sección 5 - manejo, colocación y construcción.

*Foncea y Levy*, bajo la dirección y guía del Profesor Lamana, ensayaron a cizalle juntas de concreto preparadas con distintos tratamientos donde se introduce por primera vez la aplicación de resinas epóxicas en las juntas de concreto. Resinas que no alcanzaban las resistencias de las producidas hoy en día.

En el estudio se utilizó tratamientos de chorro de arena, resina epóxica, escobillado, ataque con ácido y picado de la superficie. De estos, el mejor resultado ser el chorro de arena donde se alcanzó un 87% de la resistencia del concreto monolítico. Tras este tratamiento la resina, el escobillado y el ataque con ácido alcanzaron un 78%, 50% y 48% de la resistencia alcanzada para el caso monolítico respectivamente. Además, se detalla que el humedecimiento de la superficie de la junta antes de colocar el nuevo concreto y la presencia de lechada superficial se presentan como factores perjudiciales para la buena adherencia de la junta de concreto.

*Fernández Cánovas* realizó un estudio experimental donde se ensayó a flexo tracción prismas de 10 x 15 x 120 [cm] con una junta de concreto donde se aplicó resina epóxica como tratamiento de superficie. Lo que se investigó en el trabajo fue la influencia de la dosificación del concreto, edad del concreto base y el tratamiento de superficie al que se somete el concreto base en la resistencia alcanzada por la junta de concreto.

De los resultados obtenidos en este estudio se desprende que la dosificación del concreto no tuvo influencia alguna sobre el comportamiento de junta, obteniendo altas resistencias independientes de la relación cemento árido elegido. La rotura de las vigas se produjo, por lo general, fuera de la junta, y siempre por el concreto de menor edad. La edad del concreto viejo no fue factor para la calidad de la junta donde se obtuvo resistencias similares para concretos unidos a las 24 horas, 7, 28 y 120 días.

El mejor de los tratamientos utilizados resultó ser el picado de la superficie de contacto seguido por el escobillado de la misma. El tratamiento y limpiado de la superficie resultó ser clave para la adherencia de la junta cuando se utilizó resinas epóxicas.

*Antonio Perez* estudió la resistencia de juntas de concreto variando el tratamiento de la superficie y la edad del concreto base al momento de materializar la junta. Como tratamiento Perez utilizó el escobillado de la superficie más la aplicación de distintos adhesivos, la aplicación de chorro de arena contra el concreto base y el chorro de arena más el uso de distintos adhesivos. El tiempo que transcurrió entre la colocación del hormigón base y el de la segunda etapa fue de 6 horas, 1 día y 7 días.

Para esto, se construyó probetas cúbicas de 15 x 15 x 15 [cm], confeccionadas en 2 mitades de 15 x 15 x 7,5 [cm] cada una que fueron ensayadas por hendimiento para determinar su carga última. De los ensayos realizados se desprende que para las juntas de hormigonado donde el tratamiento fue mecánico (no incluye el uso de adhesivos) la edad del hormigón base sí tiene influencia sobre la resistencia de la probeta, obteniéndose menores resistencias a mayores edades del hormigón base. En cambio, para los tratamientos donde se incluyó resina epóxica fue necesario que el hormigón tuviese suficiente resistencia para mejorar la calidad de la junta.

En cuanto a los tratamientos de superficie aplicados, el mejor resultado fue el chorro de arena por sobre el escobillado con 86% de la resistencia del hormigón monolítico. De los adhesivos utilizados el mejor resultado fue el puente de adherencia AS 233-10 de Químicas A. Stierling con un 96% de la resistencia de la probeta monolítica. Finalmente Perez recomienda la utilización de chorro de arena junto con la colocación de una película de resina epóxica para lograr una mejor adhesión en la junta de hormigonado.

Muchos expertos postulan que las juntas de hormigonado pueden ser vistas como grietas artificiales en las estructuras de hormigón que son producidas por las tensiones internas que se generan dentro del hormigón. Esto entrega la posibilidad de evitar o controlar el agrietamiento sufrido por la estructuras permitiendo ubicarlas en lugares que donde se asegure un mejor comportamiento de la estructura o en lugares que no se puedan apreciar fácilmente.

*Neshvadian*, quien estudió la resistencia de la unión entre el hormigón viejo y el nuevo utilizado en la reparación de grietas establece que los principales factores que afectan en la resistencia de esta unión son la limpieza de la superficie de contacto, el tratamiento aplicado a la superficie de contacto, la presencia de lechada superficial, la colocación y compactación de la segunda capa de hormigón y el curado del hormigón con que se materializa la junta. Además, indica como factores secundarios de la resistencia de la junta de hormigonado las propiedades del hormigón de la segunda etapa, la edad del hormigón base al momento de materializar la junta y el humedecimiento previo de la superficie de contacto.

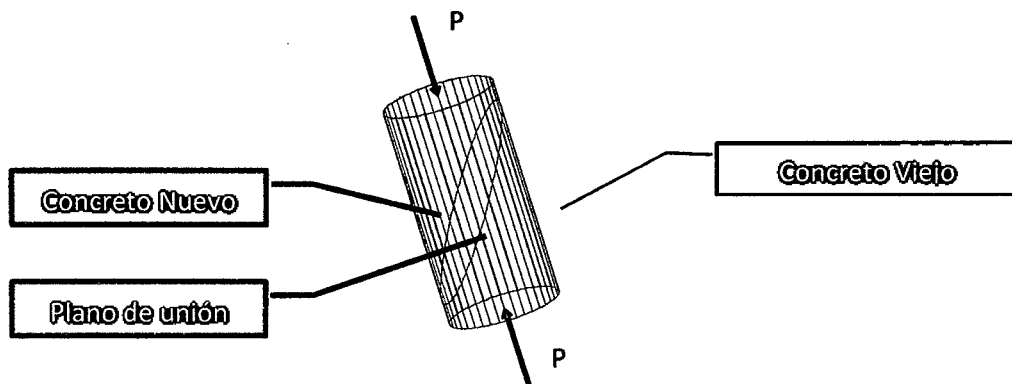
El método que revisaremos y es el tema de investigación de la presente tesis está referido al uso de adhesivo en juntas, la investigación se basa en la Norma ASTM-C882-C882M 12 Método de Prueba Estándar para Resistencia de Adherencia de los Sistemas de Resinas Epoxi Utilizado con Concreto por cizallamiento. El adhesivo que se utiliza en la investigación es Chema Epox ADHESIVO 32 enmarcado según la norma ASTM C881/C881M – 10 en el tipo IV y V.

La evaluación a la resistencia a la compresión de la unión con adhesivo epóxico de concreto fresco sobre endurecido y de concreto endurecido con concreto endurecido se justifica por

la solicitud<sup>12</sup> de información o datos de los productos que se proponen como alternativas en las juntas u otros.

El método de ensayo que aplicaremos se describe en la Norma ASTM-C882-C882M 12, este método se resume en unir dos secciones iguales de concreto utilizando un adhesivo epóxico para asegurar la adherencia. A ambos lados de la sección actúa un corte diagonal formando un ángulo de 30° con respecto a la vertical y una tensión de compresión. La resistencia de la unión se obtiene de la división de la carga última de compresión por el área de la unión de las secciones de concreto.

Figura I.5 Ensayo de corte por compresión



El ensayo de cizalle diagonal es uno de los métodos más comunes para determinar la resistencia de una junta. En este ensayo la junta de hormigonado se somete a una combinación de esfuerzos de compresión y corte los que son producto de la carga de compresión a la que se somete a la probeta. Este ensayo fue presentado primero con el nombre de "Arizona Slant Shear Test" (Kreigh, 1976 y después de cierto desarrollo fue estandarizado en la British Standard, BS 6319. El ASTM C882-99 también incorporó el

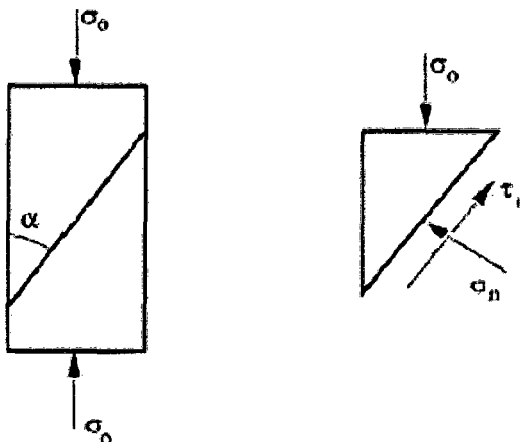
<sup>12</sup> Norma ACI 301-10 Especificaciones para Concreto Estructural Sección 5 acápite 5.1.2.3. a y b.



método para evaluar la resistencia de las uniones con epóxicos y en ella explica cómo se debe realizar este ensayo.

Wall y Shrive modificaron el método usando un prisma con un largo de tres veces la sección transversal en vez del cilindro que se indica en la ASTM. Como en la mayor parte de los casos los esfuerzos reales a los que se ve sometida la estructura tiene una componente de corte, este método de ensayo representa de forma más exacta lo que sucede en la realidad.

Figura I.6 Slant Shear Test



El ASTM C882-99 describe el "Slant Shear Test" como el ensayo de cilindros fabricados de la unión de dos medios cilindros de 76.2 x 152.4 [mm] mediante el uso de resina epóxica. Ambas mitades, una hecha de hormigón y la otra de mortero, se obtienen del corte de cilindros monolíticos generando un ángulo de 30° con respecto a la vertical. Luego de unir las partes, se espera el fraguado de la resina y se ensaya el cilindro a compresión para determinar la carga última de compresión y así determinar la resistencia de la junta. El valor de la resistencia de la junta se obtiene dividiendo la carga última de compresión por la superficie de unión de los medios cilindros.

## **CAPITULO II. MATERIALES Y METODOS**

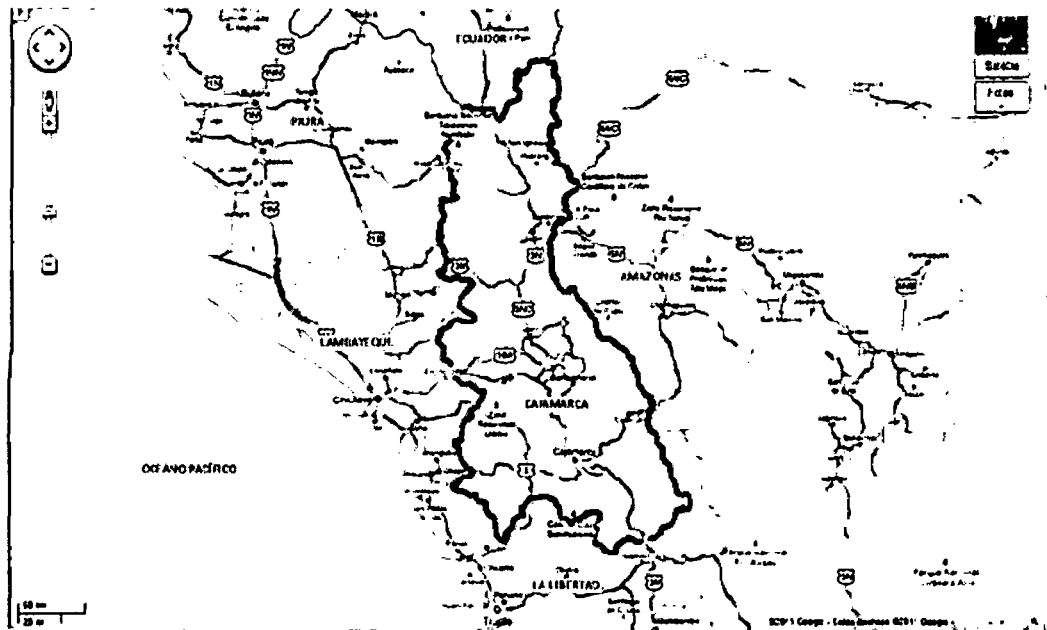
### **2.1 Ubicación Geográfica**

La investigación se desarrolló en el distrito de Cajamarca, departamento de Cajamarca, situado en la zona norte del país, cubre una superficie de 33,318 Km<sup>2</sup>, que representa el 2,6 por ciento del territorio nacional. Limita por el norte con la República del Ecuador, por el este con el departamento de Amazonas, por el sur con La Libertad y por el oeste con Lambayeque y Piura. Políticamente está dividido en 13 provincias y 127 distritos, siendo su capital la ciudad de Cajamarca.

El territorio comprende dos regiones naturales, sierra y selva, siendo predominante la primera. La altura de la región Cajamarca oscila entre los 400 m.s.n.m. (Distrito de Choros - Provincia de Cutervo) y los 3 550 m.s.n.m. (Distrito Chaván - Provincia de Chota). El relieve cajamarquino es muy accidentado debido a que su territorio es atravesado de sur a norte por la cordillera occidental de los Andes.

El Departamento se encuentra entre los paralelos 4°30' y 7°45' Latitud Sur y los meridianos 77°30' de longitud Oeste de Greenwich, una altitud promedio de 2720 m.s.n.m. y la ciudad de Cajamarca donde se desarrolla la investigación a 7°09'26" Latitud Sur y 78°31'31" longitud Oeste de Greenwich

Figura II.1 Ubicación Región Cajamarca



Fuente: Google Maps.

El clima del departamento es variado, frío en las alturas andinas, templado en los valles y cálido en las quebradas y las márgenes del río Marañón. Los climas templado y frío tienen como característica general las temperaturas diurnas elevadas (más de 20°C) y bajas temperaturas nocturnas que descienden a 0°C a partir de los 3 mil metros de altitud, por lo menos durante los meses de invierno la temperatura media anual es 13°C (Máxima media 21.4° y mínima media 5°C). La atmósfera es seca y las precipitaciones son abundantes durante el verano de Diciembre a Marzo.

Las principales cuencas hidrográficas son: Marañón, conformada por los ríos Chinchipe, Chamaya, Llancano, Lunyhuy, Llanguat y Criznejas principalmente, y la cuenca del Pacífico, conformada por los ríos Sangarará, Chancay, Saña, Chilete - Tembladera (afuentes del Jequetepeque), Chicama y otros.

La investigación se desarrolló entre los meses de Diciembre a Marzo. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad Nacional de

Cajamarca y el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos del Ing. MSc. Wilfredo Renán Fernandez Muñoz.

## 2.2 Tipo de investigación

Será de tipo Experimental, porque permitirá registrar y reconocer el comportamiento de los especímenes de concreto a los que se coloca aditivo adhesivo en la unión de las secciones.

Permitirá asimismo, en base a la investigación, proponer mejoras en la utilización de aditivos adherentes en la construcción de infraestructuras.

## 2.3 Material Experimental

La investigación se desarrolló basada en las siguientes actividades.

### ***Elaboración de especímenes de concreto.***

- ***Agregados.*** Obtención de características físicas, químicas y mecánicas de agregados de la Cantera del Rio Cajamarquino. (NTP 400.010 2001 AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras. NTP 400.037-2002 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto). ASTM C 33 03 Especificación Estándar para Agregados del Concreto.
- ***Diseño de Mezcla de Concreto.*** NTP 334.009 Cementos. Cementos Portland. Requisitos. Norma ASTM C150/C150M - 12 Especificación Normalizada para Cemento Portland. Método del módulo de fineza de la combinación de agregados.
- ***Elaboración de especímenes patrón y sección con cara a 30°.*** Norma ASTM-C882-C882M 12 Método de Prueba Estándar para Resistencia de Adherencia de los Sistemas de Resinas Epoxi Utilizado con Concreto por cizallamiento.

- *Curado de probetas.* (Norma Técnica Peruana NTP 339.033 1999 Hormigón. Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra. ASTM C 31/C31M).

#### **Aplicación del aditivo.**

- *Clasificación del aditivo adhesivo.* “chema epox adhesivo 32”. ASTM C881/C881M 10 Especificación estándar para Resina epoxi-Base Sistemas Adhesivos para Concreto.
- *Aplicación del Aditivo Adherente.* Hoja Técnica Chema Epox Adhesivo 32.
- *Unión de Secciones con cara a 30° – Pruebas Tipo IV.* Norma ASTM-C882-C882M 12 Método de Prueba Estándar para Resistencia de Adherencia de los Sistemas de Resinas Epoxi Utilizado con Concreto por cizallamiento. (Tipo IV. Para uso en aplicaciones portantes para la unión de concreto endurecido a concreto endurecido y otros materiales).
- *Aplicación de concreto fresco – Pruebas Tipo V.* Norma ASTM-C882-C882M 12 Método de Prueba Estándar para Resistencia de Adherencia de los Sistemas de Resinas Epoxi Utilizado con Concreto por cizallamiento (Tipo V. Para uso en aplicaciones portantes para el concreto recién mezclado pegado a concreto endurecido).
- *Curado de probetas.* Norma Técnica Peruana NTP 339.033 1999 Hormigón. Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra. ASTM C 31/C31M ASTM C31/C31M - 12 Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra.

**Prueba a la Compresión de Especímenes y registro de datos:**

- *Pruebas de compresión.* Someter a los especímenes de concreto a esfuerzos de compresión. Norma Técnica Peruana NTP 339.034 1999 Hormigón. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. ASTM C39/C39M Método de prueba estándar para Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.
- *Registro de Datos.* De acuerdo a Norma Técnica Peruana NTP 339.034 1999 Hormigón. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. ASTM C39/C39M Método de prueba estándar para Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto. ASTM-C882-C882M 12 Método de Prueba Estándar para Resistencia de Adherencia de los Sistemas de Resinas Epoxi Utilizado con Concreto por cizallamiento.

**2.3.1 Elaboración de Especímenes de Concreto.****2.3.1.1 Agregados**

Los agregados que se utilizaron para la elaboración del concreto, que será usado en los especímenes, se obtuvieron del Río Cajamarquino de la zona denominada Viaducto ubicado en las coordenadas  $7^{\circ}8'46.65''S$  de latitud y  $78^{\circ}28'4.07''W$  de Longitud perteneciente a la provincia de Baños del Inca del Distrito de Cajamarca, Las muestras recogidas se examinaron en laboratorio para su posterior comparación con la norma NTP 400.037 y/o ASTM C 33/C33M 11 Especificación Estándar para Agregados del Concreto.

**Figura II.2 Recolección de muestras de agregados para evaluación de análisis físico, químico y mecánico  
Río Cajamarquino Sector Viaducto**



Los agregados ocupan entre el 59% y el 76% del volumen de la mezcla. Por conveniencia se les separa en agregado fino y grueso. Los agregados deberán cumplir con los requisitos de la Norma NTP 400.010 2001 AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras. NTP 400.037-2002 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto) y la ASTM C 33/C33M 11 Especificación Estándar para Agregados del Concreto.

Como *agregado fino* se considera aquel comprendido entre el Tamiz N° 4 y el Tamiz N° 200 y que proviene de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas u otras fuentes aprobadas. El agregado fino no deberá presentar reactividad potencial (álcali-sílice y/o álcali-carbonato), con los hidróxidos alcalinos de la pasta

La granulometría debe encontrarse dentro de los límites indicados en la NTP 400.037 o la ASTM C 33/C33M 11. El agregado fino podrá consistir de arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares o semiangulares, duros, compactos y resistentes; y estará libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.

**Tabla II.1. Uso Granulométrico Agregado Fino  
NTP 400.037 Sección 11.2.1**

Tamiz	Porcentaje que Pasa
4.75 mm (N° 4)	100
1.18 mm (N° 16)	65 a 75
300 $\mu\text{m}$ (N° 50)	12 a 20
150 $\mu\text{m}$ (N° 100)	2 a 5

**Tabla II.2. Uso Granulométrico Agregado Fino  
ASTM C33 03 Sección 6.1.**

Tamiz	Porcentaje que Pasa
9.50 mm (3/8 in)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 $\mu\text{m}$ (N° 30)	25 a 60
300 $\mu\text{m}$ (N° 50)	5 a 30
150 $\mu\text{m}$ (N° 100)	0 a 10

En ningún caso el agregado fino deberá tener más del 45% de material retenido entre dos tamices consecutivos. No se permitirán variaciones mayores de 0.2 en el módulo de finura, con respecto al valor correspondiente a la curva adoptada para la selección de los ingredientes de la mezcla. El agregado fino debe encontrarse libre de arcilla y de partículas deleznable; de material que pasa el Tamiz de 74 micras; de partículas livianas como mica, carbón o lignito; de sulfatos y materia orgánica. Se recomienda como valores máximos:

- ✓ Terrones de arcilla y partículas deleznable ..... 1,0%
- ✓ Material que pasa el tamiz de 74 micras..... 3,0%
- ✓ Partículas livianas .....0,5%
- ✓ Sulfatos como  $\text{SO}_4$ ..... 1,2%

El agregado fino debe estar libre de cantidades perjudiciales de materia orgánica. Si su color, en el ensayo colorimétrico, es mayor que el Ámbar N° 3, se debe rechazar. Si la coloración



es causada por agentes distintos a la materia orgánica se puede acudir al ensayo de relación de resistencias. Si la resistencia relativa a los 7 días no resulta menor del 95% el agregado puede usarse.

El agregado fino, en el ensayo de estabilidad de volumen, no deberá tener una pérdida de peso promedio mayor del 10% cuando se ensaya con sulfato de sodio o del 15% cuando se ensaya con sulfato de magnesio. Podrá ser aceptado si se comprueba que al ser expuesto a condiciones de intemperismo parecidas da pruebas de comportamiento satisfactorio.

Como *agregado grueso* se considera al material granular comprendido entre el Tamiz de 2" y el Tamiz N° 4, y proviene de la trituración de gravas naturales o de rocas u otras fuentes aprobadas. Deberá cumplir con los requisitos indicados en la Norma NTP 400.037 o, alternativamente, en la Norma ASTM C 33. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares o semi angulares, duros, compactos y resistentes, y de textura preferentemente rugosa, debiendo estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.

La granulometría y el tamaño máximo elegidos para el agregado grueso deberán permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad y un asentamiento dentro de los valores estipulados, en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

**Tabla II.3. Huso Granulométrico 57  
Agregado Grueso NTP 400.037.**

Tamiz	Porcentaje que Pasa
37.5 mm (1 ½ pulg.)	100
25.0 mm (1 pulg.)	95 a 100
12.5 mm (1/2 pulg.)	25 a 60
4.75 mm (N° 4)	0 a 10
2.36 mm (N° 8)	0 a 5

El tamaño nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- ✓ Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; ó
- ✓ Un tercio del peralte de las losas; ó
- ✓ Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de pres fuerzo.

Estas limitaciones pueden ser obviadas si, la trabajabilidad y los procedimientos de compactación permiten colocar el concreto sin formación de vacíos o cangrejeras.

El agregado grueso no puede presentar reactividad potencial (álcali sílice y/o álcali-carbonato) con los hidróxidos alcalinos de la pasta. La granulometría debe estar dentro de los límites que señalan las Normas ASTM o NTP. Los agregados pueden mezclarse para obtener una granulometría continua. El porcentaje máximo de material que pasa la Malla N° 200 para concreto a desgaste por abrasión debe ser de 3% para arena natural.

### **2.3.1.2 Diseño de Mezcla de Concreto**

El diseño de la mezcla de concreto se realiza utilizando *cemento* tipo I Portland que cumpla con las normas NTP 334.009 Cementos. Cementos Portland. Requisitos. Y la Norma ASTM C150/C150M - 12 Especificación Normalizada para Cemento Portland. El cemento ocupa entre el 7% y 15% del volumen de la mezcla.

Puede emplearse como *agua* de mezclado y/o curado del concreto, aquella que no tenga un pronunciado olor o sabor, que éste limpia y libre de aceites, cítricos, sales, ácidos, azúcares, materia orgánica y/o cualquier otra sustancial perjudicial a la estructura terminada. De preferencia se utilizará agua potable. Los cubos de morteros preparados con agua no potable y ensayada de acuerdo a la norma ASTM C 109, deberán tener a los 7 y 28 días resistencias en compresión no menores del 90% de la de muestras similares preparadas con agua potable que cumple con los requisitos de la Oficina Panamericana de la Salud.

Las sales u otras sustancias nocivas presentes en los agregados y/o aditivos deben sumarse a las que puede aportar el agua de mezclado para evaluar el contenido total de sustancias inconvenientes. La suma de los contenidos de ion cloruro presentes en el agua y los demás componentes de la mezcla, no deberán exceder de los valores indicados en los capítulos correspondientes de las Normas. Por razones de durabilidad no se empleará agua de mar en ningún caso.

El proporcionamiento de mezclas de concreto, más comúnmente llamado *diseño de mezclas* es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí:

- ✓ Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).
- ✓ Determinación de sus cantidades relativas “proporcionamiento” para producir un, tan económico como sea posible, concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.

Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular los cuales a su vez dependerán de la aplicación particular del concreto. Aunque se han realizado gran cantidad de trabajos relacionados con los aspectos teóricos del diseño de mezclas, en buena parte

permanece como un procedimiento empírico. Y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño, están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad especificada así como una trabajabilidad apropiada. Además es asumido que si se logran estas dos propiedades las otras propiedades del concreto también serán satisfactorias (excepto la resistencia al congelamiento y deshielo u otros problemas de durabilidad tales como resistencia al ataque químico).

El proceso de diseño de mezcla, envuelve cumplir con economía, trabajabilidad y resistencia y durabilidad. Asimismo debido a que no todos los requerimientos pueden ser optimizados simultáneamente, es necesario compensar unos con otros; (por ejemplo puede ser mejor emplear una dosificación que para determinada cantidad de cemento no tiene la mayor resistencia a compresión pero que tiene una mayor trabajabilidad).

Finalmente debe ser recordado que incluso la mezcla perfecta no producirá un concreto apropiado si no se lleva a cabo procedimientos apropiados de colocación, acabado y curado.

La información requerida para el diseño de mezclas es:

- ✓ Análisis granulométrico de los agregados.
- ✓ Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso).
- ✓ Peso específico de los agregados (fino y grueso).
- ✓ Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso).
- ✓ Perfil y textura de los agregados.
- ✓ Tipo y marca del cemento.
- ✓ Peso específico del cemento.

- ✓ Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para Combinaciones posibles de cemento y agregados.

Podemos resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

### **Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de obra.**

Antes de diseñar una mezcla de concreto debemos tener en mente, primero, el revisar los planos y las especificaciones técnicas de obra, donde podremos encontrar todos los requisitos que fijó el ingeniero proyectista para que la obra pueda cumplir ciertos requisitos durante su vida útil.

### **Elección de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ).**

Cálculo de la desviación estándar.

*Método 1.* Si se posee un registro de resultados de ensayos de obras anteriores deberá calcularse la desviación estándar. El registro deberá:

- a. Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar.
- b. Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia de diseño  $f'_c$  que este dentro del rango de  $\pm 70$  kg/cm<sup>2</sup> de la especificada para el trabajo a iniciar.

Si se posee un registro de 3 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad \dots \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

$s$  = Desviación estándar, en kg cm<sup>2</sup>

$X_i$  = Resistencia de la probeta de concreto, en kg/cm<sup>2</sup>

$\bar{X}$  = Resistencia promedio de  $n$  probetas, en kg/cm<sup>2</sup>

$n$  = Número de ensayos consecutivos de resistencia

- Consistir de por lo menos 30 ensayos consecutivos o dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.

Si se posee dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos un registro de 30 ensayos consecutivos, la desviación estándar promedio se calculará con la siguiente fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(s_1)^2 + (n_2 - 1)(s_2)^2}{(n_1 + n_2 - 2)}} \quad \dots \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

$s$  = Desviación estándar promedio en kg cm<sup>2</sup>.

$s_1, s_2$  = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 respectivamente en kg cm<sup>2</sup>.

$n_1, n_2$  = Número de ensayos en cada grupos, respectivamente.

**Método 2.** Si solo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, se calculara la desviación estándar “ $s$ ” correspondiente a dichos ensayos y se multiplicara por el factor de corrección indicado en la tabla II.4 para obtener el nuevo valor de “ $s$ ”.

El registro de ensayos a que se hace referencia en este Método deberá cumplir con los requisitos a), b) del método 1 y representar un registro de ensayos consecutivos que comprenda un periodo de no menos de 45 días calendario.

Tabla II.4 – Factores de corrección.

MUESTRAS	FACTOR DE CORRECCION
Menos de 15	Usar tabla 2
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

Cálculo de la resistencia promedio requerida.

Una vez que la desviación estándar ha sido calculada, la resistencia a compresión promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (1) y (2). La ecuación (1) proporciona una probabilidad de 1 en 100 que el promedio de tres ensayos consecutivos estará por debajo de la resistencia especificada  $f'_c$ . La ecuación (2) proporciona una probabilidad de similar de que ensayos individuales estén  $35\text{kg cm}^2$  por debajo de la resistencia especificada  $f'_c$ .

- Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado en el Método 1 o el Método 2, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las formulas siguientes usando la desviación estándar “s” calculada.
- Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizara la Tabla II.5 para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Tabla II.5 – Resistencia a la compresión promedio

$f'_c$	$f'_{cr}$
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

**Elección del Asentamiento (Slump)**

Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla:

**Tabla II.6 – Consistencia y asentamiento**

<b>Consistencia</b>	<b>Asentamiento</b>
Seca	0" (0mm) a 2" (50mm)
Plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)
Fluida	≥5" (125mm)

Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla II.7 podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar. Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

**Tabla II.7 – Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.**

<b>TIPOS DE CONSTRUCCION</b>	<b>REVENIMIENTO (cm)</b>	
	<b>MAXIMO</b>	<b>MINIMO</b>
Zapatas y muros de cimentación reforzados	8	2
Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	8	2
Vigas y muros reforzados	10	2
Columnas	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Concreto ciclópeo y masivo	5	2



**Selección del tamaño máximo del agregado grueso.**

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura.

La Norma Técnica de Edificación E. 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- ✓ Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; ó
- ✓ Un tercio del peralte de las losas; ó
- ✓ Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de pres fuerzo.

El tamaño máximo nominal determinado aquí, será usado también como tamaño máximo simplemente.

Se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 40mm (1½"). En tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

**Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.**

La tabla I.8, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

Como se observa, la tabla II.8 no toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados. Debemos hacer presente que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar algo por encima o por debajo de dichos valores.

Al mismo tiempo, podemos usar la tabla II.9 para calcular la cantidad de agua de mezcla tomando en consideración, además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil del mismo. Los valores de la tabla II.9 corresponden a mezclas sin aire incorporado.

La tabla II.8 nos muestra también el volumen aproximado de aire atrapado, en porcentaje, a ser esperado en un concreto sin aire incorporado y los promedios recomendados del contenido total de aire, en función del grado de exposición, para concretos con aire incorporado intencionalmente por razones de durabilidad a ciclos de congelamiento y deshielo, agua de mar o sulfatos.

**Tabla II.8 – Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.**

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)		Agua en lt/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
		10mm (3/8")	12.5m m (1/2")	20mm (3/4")	25mm (1")	40mm (1½")	50mm (2")	70mm (3")	150m m (6")
<b>CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO</b>									
30 a 50 (1" a 2")		205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100 (3" a 4")		225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180 (6" a 7")		240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad aproximada de aire atrapado (%).		3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO</b>									
30 a 50 (1" a 2")		180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100 (3" a 4")		200	190	180	175	160	155	150	135
150 a 180 (6" a 7")		215	205	190	185	170	165	160	---
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición.	Exposición suave	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>
	Exposición moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5 <sup>1</sup>	3 <sup>1</sup>
	Exposición severa	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5 <sup>1</sup>	4 <sup>1</sup>

Los valores del asentamiento para concreto con agregado más grande que 40mm (1½") se basan en las pruebas de Slump hechas después de retirar las partículas mayores de 40mm (1½") por tamizado húmedo. Estos contenidos de agua de mezclado son valores máximos para agregado grueso angular y ien formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 o ITINTEC 400.037).

<sup>1</sup> Para concreto que contiene agregado grande será tamizado húmedo por una malla de 40mm (1½") antes de evaluar el contenido de aire, el porcentaje de aire esperado en material más pequeño que 40mm (1½") debe ser el tabulado en la columna de 40mm (1½"). Sin embargo, los cálculos iniciales de las proporciones deben basarse en el contenido de aire como un porcentaje de la mezcla completa.

<sup>2</sup> Para Estos valores se basan en el criterio de que se necesita un 9% del contenido de aire en la fase de mortero del concreto.

**Tabla II.9 – Contenido de agua de mezcla.**

Tamaño máximo Nominal del agregado grueso.		Contenido de agua en el concreto, expresado en lt/m <sup>3</sup> , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
		25mm a 50mm (1"-2")		75mm a 100mm (3"-4")		150mm a 175mm (6"-7")	
mm.	Pulg.	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
9.5	3/8"	185	212	201	227	230	250
12.7	1/2"	182	201	197	216	219	238
19.1	3/4"	170	189	185	204	208	227
25.4	1"	163	182	178	197	197	216
38.1	1½"	155	170	170	185	185	204
50.8	2"	148	163	163	178	178	197
76.2	3"	136	151	151	167	163	182

Obtenidos los valores de cantidad de agua y de aire atrapado para un metro cúbico de concreto procedemos a calcular el volumen que ocupan dentro de la unidad de volumen de concreto:

$$Volumen\ de\ agua(m^3) = \frac{Contenido\ de\ agua\ de\ mezclado(Its/m^3)}{Peso\ especifico\ del\ agua(1000\ Kg/m^3)} \dots Ecuación\ 3$$

**Selección de la relación agua/cemento (a/c).**

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

*Por resistencia.* Para concretos preparados con cemento Pórtland tipo 1 o cementos comunes, puede tomarse la relación a/c de la tabla II.10.

**Tabla II.10 – Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.**

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS ( $f'_{cr}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>1</sup>	RELACION AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

<sup>1</sup> Los valores corresponden a resistencias promedio estimadas para concretos que no contengan más del porcentaje de aire mostrado en la tabla 5 Para una relación agua/cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire.

*Por durabilidad.* La Norma Técnica de Edificación E.060 prescribe que si se desea un concreto de baja permeabilidad, o el concreto ha de estar sometido a procesos de

congelación y deshielo en condición húmeda. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la tabla II.11.

**Tabla II.11 – Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometidos a condiciones especiales de exposición.**

CONDICIONES DE EXPOSICION	RELACIÓN AGUA/CEMENTO MÁXIMA.
Concreto de baja permeabilidad: a. Expuesto a agua dulce. b. Expuesto a agua de mar o aguas salobres. c. Expuesto a la acción de aguas cloacales <sup>1</sup> .	0.50 0.45 0.45
Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda: a. Sardineles, cunetas, secciones delgadas. b. Otros elementos.	0.45 0.50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.	0.40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45

<sup>1</sup> La resistencia  $f'c$  no deberá ser menor de 245 kg/cm<sup>2</sup> por razones de durabilidad.

**Cálculo del contenido de cemento.**

Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c. Sin embargo es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser especificados para asegurar un acabado satisfactorio, determinada calidad de la superficie vertical de los elementos o trabajabilidad.

$$\text{Contenido de cemento (Kg / m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (lts / m}^3\text{)}}{\text{Relacion a/c (para } f'cr\text{)}} \dots \text{Ecuación 4}$$

$$\text{Volumen de cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de cemento (Kg)}}{\text{Peso específico del cemento (Kg/m}^3\text{)}} \dots \text{Ecuación 5}$$

**Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.**

*Método Del Módulo De Fineza De La Combinación De Agregados.* Las investigaciones realizadas en la Universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso, cuando éstos tienen granulometrías comprendidas dentro de los límites que establece la Norma ASTM C 33, debe producir un concreto trabajable en condiciones ordinarias, si el módulo de fineza de la combinación de agregados se aproxima a los valores indicados en la tabla II.12.

**Tabla II.12 – Módulo de fineza de la combinación de agregados.**

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso		Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.				
mm	Pulg.	5	6	7	8	9
10	3/8	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
12.5	1/2	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
20	3/4	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
25	1	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
40	1 1/2	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
50	2	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
70	3	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Los valores de la Tabla están referidos a agregado grueso de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

Los valores de la Tabla pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas para pavimentos o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables pueden ser incrementados en 0.2.

De la tabla II.12 obtenemos el módulo de fineza de la combinación de agregados (mc), al mismo tiempo contamos, previamente, con valores de los módulos de fineza del agregado fino (mf) y del agregado grueso (mg), de los cuales haremos uso para obtener el porcentaje de agregado fino respecto al volumen total de agregados mediante la siguiente fórmula:

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \times 100 \dots \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

$r_f$ : Porcentaje del volumen de agregado fino con respecto al volumen total de agregados.

Entonces los volúmenes de agregado fino y agregado grueso por metro cúbico de concreto son:

$$\text{Volumen total agregados (m}^3\text{)} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento}) \quad \dots \text{ Ecuación 7}$$

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = \frac{r_f}{100} \times \text{Vol. total de agregados (m}^3\text{)} \quad \dots \text{ Ecuación 8}$$

$$\text{Vol. agregado grueso (m}^3\text{)} = \text{Vol. total de agregados (m}^3\text{)} - \text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} \quad \dots \text{ Ecuación 9}$$

Por tanto, los pesos de los agregados en un metro cúbico de concreto son:

$$\text{Peso agregado fino (kg/m}^3\text{)} = (\text{Vol. agregado fino}) (\text{Peso específico del Ag. fino}) \quad \dots \text{ Ecuación 10}$$

$$\text{Peso agregado grueso (kg/m}^3\text{)} = (\text{Vol. agregado grueso}) (\text{Peso específico del Ag. grueso}) \quad \dots \text{ Ecuación 11}$$

### Ajustes por humedad y absorción.

El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectada por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos al aire absorberán agua y disminuirán la relación a/c y la trabajabilidad. Por otro lado si ellos tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) aportarán algo de esta agua a la pasta aumentando la relación a/c, la trabajabilidad y disminuyendo la resistencia a compresión. Por lo tanto estos efectos deben ser tomados en cuenta y la mezcla debe ser ajustada tomándolos en cuenta.

Por lo tanto:

Si:

$$\text{Agregado grueso} \begin{cases} \text{Humedad} = \%W_g \\ \% \text{ absorción} = \%a_g \end{cases} \quad \dots \text{ Ecuación 12}$$

$$\text{Agregado fino} \begin{cases} \text{Humedad} = \%W_f \\ \% \text{ absorción} = \%a_f \end{cases} \quad \dots \text{ Ecuación 13}$$

Pesos de agregados húmedos.

$$\text{Peso Ag. grueso humedo(kg)} = (\text{Peso Ag. grueso seco}) \left( 1 + \frac{\%W_g}{100} \right) \dots \text{Ecuación 14}$$

$$\text{Peso Ag. fino humedo(kg)} = (\text{Peso Ag. fino seco}) \left( 1 + \frac{\%W_f}{100} \right) \dots \text{Ecuación 15}$$

Agua efectiva.

$$\text{Agua en Ag. grueso} = (\text{Peso Ag. grueso seco}) \left( \frac{\%W_g - \%a_g}{100} \right) = X \dots \text{Ecuación 16}$$

$$\text{Agua en Ag. fino} = (\text{Peso Ag. fino seco}) \left( \frac{\%W_f - \%a_f}{100} \right) = Y \dots \text{Ecuación 17}$$

$$\text{Agua efectiva (Lts)} = \text{Agua de diseño} - (X + Y) \dots \text{Ecuación 18}$$

**Cálculo de proporciones en peso.**

Cemento :            agregado fino :                            agregado grueso/agua

$$\frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso Ag. fino húmedo}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso Ag. grueso húmedo}}{\text{Peso cemento}} \Bigg/ \frac{\text{Agua efectiva}}{\text{Peso cemento}}$$

**Cálculo de proporciones en volumen.**

Datos necesarios:

- Peso unitario suelto del cemento (1500 kg/m<sup>3</sup>).
- Pesos unitarios sueltos de los agregados fino y grueso (en condición de humedad a la que se ha determinado la dosificación en peso).

**Volúmenes en estado suelto**

$$\text{Volumen cemento(m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso cemento(kg)}}{\text{P.U. cemento(1500 kg/m}^3\text{)}} \dots \text{Ecuación 20}$$

$$\text{Volumen agregado fino(m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso agregado fino humedo(kg)}}{\text{P.U. agregado fino humedo(kg/m}^3\text{)}} \dots \text{Ecuación 21}$$

$$\text{Volumen agregado grueso(m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso agregado grueso humedo(kg)}}{\text{P.U. agregado grueso humedo(kg/m}^3\text{)}} \dots \text{Ecuación 22}$$



En el caso del agua este se calculará en litros por bolsa de cemento (Lts/bls) de la siguiente manera

$$\text{Agua(Lts/Bls)} = \frac{\text{Cantidad de agua por m}^3 \text{ de concreto}}{\left( \frac{\text{Peso de cemento por m}^3 \text{ de concreto}}{\text{Cantidad de cemento por bolsa (42.5 kg)}} \right)} \dots \text{Ecuación 23}$$

*Proporciones en volumen*

Cemento : agregado fino : agregado grueso/agua (Lts/Bls)

$$\frac{\text{Vol. cemento}}{\text{Vol. cemento}} : \frac{\text{Vol. Ag. fino}}{\text{Vol. cemento}} : \frac{\text{Vol. Ag. grueso}}{\text{Vol. cemento}} / \text{Agua (Lts/Bls)} \dots \text{Ecuación 24}$$

C : F : G / A

**Cálculo de cantidades por tanda.**

Datos necesarios:

- Capacidad de la mezcladora
- Proporciones en volumen

Cantidad de bolsas de cemento requerido

$$\text{Cantidad de Bls requeridas} = \frac{(\text{Capacidad mezcladora}(\text{pie}^3)) * (0.0283\text{m}^3) * (\text{Peso cemento}(\text{kg}))}{\text{Peso cemento por bolsa}(42.5\text{kg})} \dots \text{Ecuación 25}$$

*Eficiencia de la mezcladora.* Debido a que la mezcladora debe ser abastecida por un número entero de bolsas de cemento, la cantidad de bolsas de cemento por tanda será igual a un número entero menor a la cantidad de bolsas requerida por la mezcladora.

$$\text{eficiencia}(\%) = \frac{\text{Cantidad de bolsas de cemento por tanda}}{\text{Cantidad de bolsas requeridas}} * 100 \dots \text{Ecuación 26}$$

*Volumen de concreto por tanda*

$$\text{Vol. de concreto por tanda} = (\text{Capacidad mezcladora}(\text{pie}^3)) (0.0283\text{m}^3) \left( \frac{\text{eficiencia}(\%)}{100} \right) \dots \text{Ecuación 27}$$

*Cantidades de materiales por tanda.* Teniendo las proporciones en volumen (C:F:G/A), calculamos las cantidades de materiales por tanda:

Cemento:  $1x2 = 2$  bolsas.

Agregado fino:  $Fx2 =$  Cantidad de A. fino en  $\text{m}^3$ .

Agregado grueso:  $Gx2 =$  Cantidad de A. grueso en  $\text{m}^3$ .

Agua:  $Ax2 =$  Cantidad de agua en Lts.

### 2.3.1.3 Elaboración de especímenes de concreto patrón y sección con cara a 30°.

El adhesivo Epoxico que se utilizó para evaluar su resistencia a la adherencia nos permite realizar pruebas para los tipos IV y V indicados en la norma ASTM C881/C881M 10.

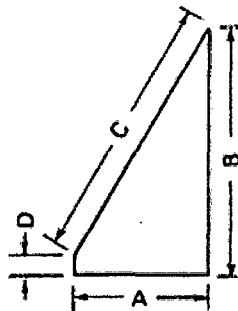
Los especímenes que se fabricaron para la evaluación de la resistencia son de dos tipos, indicados en la Norma ASTM-C882-C882M 12 Método de Prueba Estándar para Resistencia de Adherencia de los Sistemas de Resinas Epoxi Utilizado con Concreto por cizallamiento.

*Moldes Patrón.* Los moldes deben ser construidos en forma de cilindros rectos,  $75 \pm 2$  mm [ $3 \pm 1/16$  pulgadas] de diámetro interior y  $150 \pm 2$  mm [ $6 \pm 1/16$  pulgadas] de alto, las diferencias en cada una de las dimensiones de los moldes será inferior a 0,5 mm [ $1/64$  pulgadas]. Los moldes deberán ser de metal que no sea atacado por morteros de cemento Portland. Las paredes del molde deberán ser suficientemente rígidas para prevenir curvaturas. Los moldes deben ser cerrados de manera impermeable antes de su uso. Un material satisfactorio para este propósito es la mezcla de parafina y resina se describe en el Método de Ensayo C109/C109M.

*Sección de Molde con cara a 30°.* La sección simulada (Fig. 1) se puede construir de un material duro que no sea atacado por mortero de cemento Portland. Se encaja en el molde y será igual a la mitad del volumen del cilindro, pero en un ángulo de 30° respecto de la vertical.

La sección adicional del molde se hará con mortero y usando resina epoxica en el área de unión de la sección contenida en el molde. Se tomaran las debidas precauciones para evitar la adherencia de la resina epoxica al molde.

**Figura II.3. Sección con cara a 30°**



A – Diámetro	75±2 mm	3.000 pulg.
B – Altura	140±2 mm	5.598 pulg.
C – Altura Inclinada	150±2 mm	6.000 pulg.
D – Altura Base	10±2 mm	0.402 pulg.

*Resumen del Método de Ensayo.* La fuerza de adhesión se determina mediante el sistema epoxi para unir entre sí dos secciones iguales de 75 por 150 mm [3 por 6 pulgadas] de cemento Portland cilindro mortero, cada sección de los cuales tiene un área de unión en diagonal con un ángulo de 30 ° a la vertical. Después del curado adecuado del agente de unión, la prueba se realiza mediante la determinación de la resistencia a la compresión del cilindro compuesto.

La varilla de apisonamiento será una varilla redonda de bronce o de plástico, 10 mm [3/8 pulgadas] de diámetro y aproximadamente 12 pulg [300 mm] de largo, que tiene ambos extremos redondeados de puntas semiesféricas.

Aparatos para mezclar el sistema adhesivo de resina epoxi. Un recipiente de vidrio, plástico o metal de aproximadamente 0,1 L [3 oz] de capacidad se utilizará para el sistema de mezcla a mano. Se utilizará un palo baja lenguas de madera o de dimensiones similares como una paleta.

Los moldes se hicieron de PVC.

**Figura II.4** Moldes de PVC patron y Secciones con cara a 30°



#### **2.3.1.4 Curado de probetas.**

El curado se realizará de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 339.033 1999 Hormigón. Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra y la ASTM C 31/C31M.

*Cubrimiento de la probeta después del moldeado.* Para prevenir la evaporización del agua de la superficie del hormigón no endurecido de las probetas, se cubre esta inmediatamente

después de moldeados, preferiblemente con una placa no absorbente y no reactiva o una lámina de plástico durable. Se puede usar para el cubrimiento, trapos o lienzos humedecidos, pero debe cuidarse de mantenerlos húmedos hasta que las probetas se desmolden.

*Antes del llenado*, se colocan los moldes sobre una superficie horizontal rígida libre de vibraciones y de toda otra causa que pueda perturbar el hormigón.

*Durante las primeras 24 h. después del moldeo*, se almacenaran todas las probetas bajo condiciones que mantengan la temperatura ambiente entre 16°C y 27°C y que prevengan toda pérdida de humedad. Las temperaturas de almacenamiento pueden ser regulados por medios de ventilación o por evaporización de agua, arena húmeda o trapos humedecidos, o por el uso de dispositivos eléctricos de calentamiento.

*El estacionamiento de las probetas* se realiza en construcciones provisionarias realizadas en el lugar de la obra, en cajones de madera machihembrada bien construido y zunchados, en depósitos de arena húmeda o siempre que el clima sea favorable cubriendo las probetas con trapos húmedos.

*Probetas para comprobar la calidad y uniformidad del hormigón durante la construcción.*

Las probetas hechas con el fin de juzgar la calidad de uniformidad del hormigón colocado en obra o para que sirvan como base para decidir sobre la aceptación del mismo, se desmoldan al cabo de  $20h \pm 4h$  después de moldeados

Inmediatamente después las probetas se estacionaran en una solución saturada de agua de cal a una temperatura de  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , no debiendo estar en ningún momento expuesto al goteo y a la acción del agua en movimiento.

Nota: la condición para el curado de mantener agua, libre durante todo momento en el total de la superficie de las probetas, se pueden conseguir también por medio del almacenamiento conveniente en cuartos o gabinetes húmedos.

Probetas moldeadas para apreciar las condiciones de protección y curado del hormigón o decidir sobre el momento en que la estructura puede ser puesta en servicio.

Las probetas hechas con el fin de determinar la resistencia de un concreto determinado, la misma que sirve para apreciar las condiciones de protección y curado del hormigón, o de cuando una estructura puede ser puesta en servicio, se almacena tan cerca como sea posible del lugar o punto de donde se extrajo la muestra y deben recibir la misma protección contra las acciones climáticas y el mismo curado en toda su superficie que los recibidos por la estructura que representan.

Para conseguir las condiciones antes mencionadas, las probetas hechas para determinado cuando una estructura puede ser puesta en servicio, se desmoldan al tiempo de la remoción de los encofrados, siguiéndose lo indicado en la norma NTP 339.044

### **2.3.2 Aplicación del aditivo.**

#### **2.3.2.1 Clasificación del aditivo adhesivo.**

El adhesivo Epoxico que se utilizó en la investigación es “chema epox adhesivo 32” del cual junto a los especímenes de concreto se evaluará su resistencia por el método de plano inclinado descrito en ASTM C 882.

Entre los tipos de adhesivos libres de solventes se tienen los adhesivos epóxicos (E), poliéster (P), acrílicos, polisulfuros (PS), poliuretano (PU), siliconas (S). El estándar ASTM C-881 clasifica los adhesivos epóxicos en siete tipos:

**TIPO I.** Pegas no estructurales de concreto endurecido a concreto endurecido y otros materiales y como ligante en morteros y concretos epóxicos.

**TIPO II.** Pegas no estructurales de concreto fresco a concreto endurecido.

**TIPO III.** Pega de materiales antideslizantes a concreto endurecido y como ligante en morteros y concretos epóxicos usados en superficies resistentes a tráfico (o superficies sujetas a movimientos térmicos o mecánicos).

**TIPO IV.** Pegas estructurales de concreto endurecido a concreto endurecido y otros materiales y como ligante en morteros y concretos epóxicos.

**TIPO V.** Pegas estructurales de concreto fresco a concreto endurecido.

**TIPO VI.** Para pegar y sellar segmentos prefabricados con tendones internos y para proceso de tensado por etapas cuando postensionamiento temporal es aplicado.

**TIPO VII.** Para su uso como sellante no estructural en segmentos prefabricados cuando postensionamiento temporal no es aplicado.

El puente adherente “chema epox adhesivo 32” en su hoja técnica indica entre sus usos:

- Como puente de adherencia entre concreto fresco y endurecido.
- Unión de prefabricados de concreto.
- Como anclaje
- Extensión de columnas.
- Apoyos de nuevas vigas sobre estructuras antiguas.
- Fijación de los refuerzos estructurales. Etc.

Se probará como Tipo IV y Tipo V.

### **2.3.2.2 Aplicación del Aditivo Adherente. Hoja Técnica Chema Epox Adhesivo 32.**

El aditivo se colocará de acuerdo a las indicaciones dadas en las Norma Técnica Peruana de Edificación E.060 Concreto Armado y en la norma ACI 301-10 Especificaciones para Concreto Estructural Sección 5 – manejo, colocación y construcción.

Como ya se explicó uno de los mecanismos de pega es la trabazón mecánica del adhesivo en los poros e irregularidades de la superficie. De esta forma en los estándares de reparación de estructuras de concreto se especifican los requerimientos de preparación de superficie y los equipos para efectuar dicha preparación. Todas las partes dañadas, sueltas o sin adherir de concreto existente deben ser removidas primero con equipos apropiados tales como chorro de agua, bujarda, martillo neumático, u otro equipo apropiado, después de lo cual la superficie del concreto existente debe ser preparada para la reparación con un método tal como chorro de arena, chorro de agua o chorro de granalla, para remover toda la superficie micro fisurada resultante del proceso de remoción inicial. La sección de concreto sometida a remoción debe quedar con una geometría apropiada. En corrosión severa el acero de refuerzo debe ser expuesto en su contorno para su adecuado saneado y/o complemento si se requiere, los bordes del área a reparar y su superficie deben ser también acondicionados para un buen comportamiento de la reparación.

La resistencia de una pega adhesiva depende de:

- A. Adhesión a los materiales del sustrato.
- B. Resistencia cohesiva del adhesivo
- C. Grado de cohesión de los materiales del sustrato.



Es muy importante destacar que la pega será tan fuerte como la menor de estas tres resistencias, es decir falla por el elemento más débil. La condición y la resistencia del concreto en la superficie son particularmente importantes. Si el agregado (piedra) más grande no está expuesto, la capa superficial es considerablemente más débil que el concreto bajo la superficie.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se colocó en puente adherente de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

#### **APLICACION:**

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

#### **PREPARACION DE LA SUPERFICIE:**

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

#### **PREPARACION DEL PRODUCTO:**

Prepare la mezcla en recipiente de plástico u otro, pero no hacerlo en el mismo envase metálico. Mezcle lo necesario a usar en el momento. Mezcle ambos componentes en volumen: 3 partes de A y 1 parte de B y bata ambas partes hasta obtener una mezcla homogénea de preferencia con un taladro de baja velocidad 350 RPM usando aspas o paletas.

Deje reposar unos minutos para eliminar burbujas y luego aplique con una brocha en el área de contacto. El color de las partes batidas debe ser uniforme, nunca agregarle ningún solvente.

**IMPORTANTE:** El tiempo abierto para vaciar el concreto es de 2 horas como máximo.

Tiempo de trabajabilidad: 2 horas a 25°C

Temperatura de aplicación: 5°C a 40°C

#### **APLICACION DE LA MEZCLA DEL PRODUCTO:**

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

#### **2.3.2.3 Unión de Secciones con cara a 30°.**

**TIPO IV.** Pegas estructurales de concreto endurecido a concreto endurecido. Norma ASTM-C882-C882M 12 Método de Prueba Estándar para Resistencia de Adherencia de los Sistemas de Resinas Epoxi Utilizado con Concreto por cizallamiento

Se requieren 2 secciones con cara a 30° (concreto endurecido a 28 días), preparar las caras elípticas y colocar el puente adherente según 1.4.2. Unir ambas secciones, colocar cinta adhesiva en la unión de las caras elípticas para ayudar a contener el adhesivo epoxico, apoyar la muestra de modo que la articulación de la cinta adhesiva este vertical. Llenar la articulación con adhesivo. Mantener la unión vertical por 48 horas, luego retire todas las cintas.

#### **2.3.2.4 Aplicación de concreto fresco.**

**TIPO V.** Pegas estructurales de concreto fresco a concreto endurecido. Norma ASTM-C882-C882M 12 Método de Prueba Estándar para Resistencia de Adherencia de los Sistemas de Resinas Epoxi Utilizado con Concreto por cizallamiento

Se requiere una secciones con cara a 30° (concreto endurecido a 28 días), preparar la cara elíptica y coloca el puente adherente según 1.4.2. Colocar la sección en el molde cilíndrico que estará apoyado en una superficie horizontal. Colocar una capa de mezcla fresca Mortero de Cemento Portland sobre la superficie elíptica imprimada con adhesivo epóxico, apisonar la capa, continuar hasta llenar el molde cilíndrico.

#### **2.3.2.5 Curado de probetas.**

Según sección 2.3.4.

### **2.3.3 Prueba a la Compresión de Especímenes y registro de datos:**

#### **2.3.3.1 Pruebas de compresión.**

Someter a los especímenes de concreto a esfuerzos de compresión. Norma Técnica Peruana NTP 339.034 1999 Hormigón. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. ASTM C39/C39M Método de prueba estándar para Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

Las pruebas se realizaron a 7, 14 y 28 días teniendo en cuenta las tolerancias de tiempo indicadas en la NTP 339.034.

Se deberá tener en cuenta la colocación de la probeta, puntos de superficie de contacto, velocidad de carga continua y constante (1.3 mm/min) entre otros puntos indicados en la norma NTP 339.034.

### **2.3.3.2 Registro de Datos.**

De acuerdo a Norma Técnica Peruana NTP 339.034 1999 Hormigón. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. ASTM C39/C39M Método de prueba estándar para Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

Se tendrá en cuenta las indicaciones de la NTP 339.034 sobre expresión de resultados.

Se indica en la STM-C882-C882M 12 Método de Prueba Estándar para Resistencia de Adherencia de los Sistemas de Resinas Epoxi Utilizado con Concreto por cizallamiento calcular la fuerza de unión del sistema de unión de resina dividiendo la carga por el área de la superficie unida (Nota 1). Reducir el área de la superficie unida por el de cualquier vacío que se encuentran en la enlace en la inspección después de la prueba. Sólo los huecos mayores de 3 mm [1/8 pulg] deben ser contados en la reducción de la zona. Informar los resultados con una precisión de 0,1 MPa [10 psi].

NOTA 1-El área de la superficie de unión elíptica de los cilindros de ensayo especificadas en este método de ensayo es 9116 mm<sup>2</sup> [14,13 pulg<sup>2</sup>]. El área real debe basarse en la medición de las longitudes de los dos ejes para las áreas de una elipse [0,7854 a b].

## **2.4 Hipotesis y variables**

### **2.4.1 Hipotesis.**

El Aditivo “chema epox adhesivo 32” conserva la resistencia a compresión de los especímenes de concreto.

### **2.4.2 Variables.**

**Variable Independiente.** Aplicación del Aditivo “chema epox adhesivo 32” en juntas frías.

**Variable Dependiente.** Resistencia a la compresión.

## CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

### 3.1 Agregado Fino.

Se obtuvo del análisis de pH, sulfatos y cloruros.

**Tabla III.1 – Resultados análisis químico del agregado fino.**

Muestra	pH	Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> ppm	Cloruros Cl <sup>-1</sup> ppm	Temperatura (°C)
Agregado Fino	7.8	68.2	49.5	20

La muestra de agregado Fino no supera los límites permisibles de sulfatos por lo que se recomienda utilizar cemento tipo I.

Peso específico de masa            2.61 Kg/m<sup>3</sup>

Contenido de absorción            2.80 %

Contenido de humedad            3.45 %

Peso Suelto seco                    1562 Kg/m<sup>3</sup>

Módulo de Finura                    3.15

Mayores detalles ver anexo B.

### 3.2 Agregado Grueso.

Se obtuvo del análisis de pH, sulfatos y cloruros.

**Tabla III.2 – Resultados análisis químico del agregado grueso.**

Muestra	pH	Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> ppm	Cloruros Cl <sup>-1</sup> ppm	Temperatura (°C)
Agregado Grueso	7.9	63.4	39.9	20

La muestra de agregado grueso no supera los límites permisibles de sulfatos por lo que se recomienda utilizar cemento tipo I.

Perfil del agregado                    Angular

Tamaño máximo nominal            ¾ pulg.

Peso específico de masa            260 g/cm<sup>3</sup>

Contenido de humedad            0.60 %

Contenido de absorción	0.85 %
Peso seco compactado	1590 Kg/cm <sup>3</sup>
Peso Suelto seco	1512 Kg/cm <sup>3</sup>
Módulo de Finura	7.93

Mayores detalles ver anexo A.

**Figura III.1 Tamizado de agregados en laboratorio**



### 3.3 Diseño de Mezcla.

Se usó cemento tipo I, cuyo peso específico es 3.11 Kg/m<sup>3</sup>.

Resistencia promedio de 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

Slump de 3 a 4 pulg.

Proporción en volumen para una bolsa de cemento

Cemento	1 bolsa
Agua	24.65 lts/bolsa
Agregado Fino	2.25 pie <sup>3</sup> /bolsa
Agregado grueso	2.50 pie <sup>3</sup> /bolsa

Mayor detalle del diseño ver en anexo C.

### 3.4 Elaboración de probetas patrón y secciones con cara a 30° y aplicación del adhesivo.

Se construyeron 9 probetas patrón, las cuales se sometieron a compresión a los 7, 14 y 28 días.

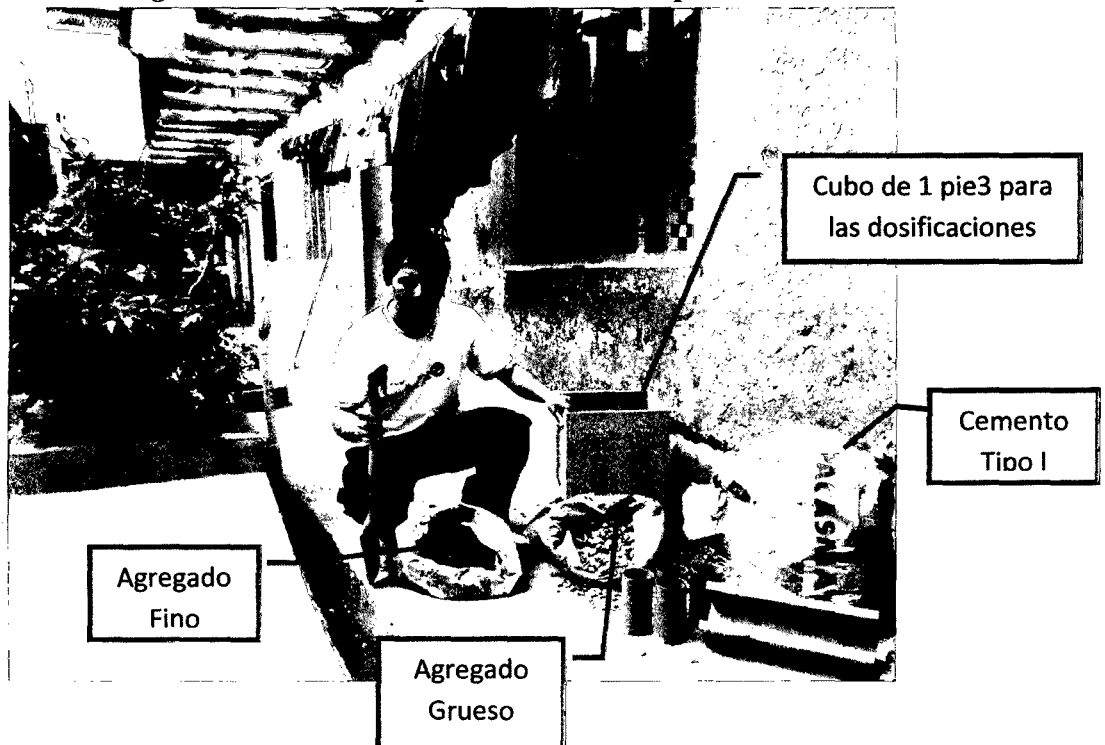
Se construyeron 3 probetas para las pruebas tipo IV, concreto endurecido con concreto endurecido, las que se sometieron a compresión a los 28 días.

Se construyeron 18 especímenes para la prueba tipo V, las que se sometieron a compresión a 7, 14 y 28 días.

Para ambos casos se tomó en consideración las indicaciones de las especificaciones y del fabricante.

Se aplicó el aditivo adhesivo teniendo en cuentas las recomendaciones de seguridad de la norma ASTM C882/C882.

**Figura III.2 Materiales para elaboración de probetas**





**Figura III.3**Elaboración de probetas monolíticas en moldes de PVC

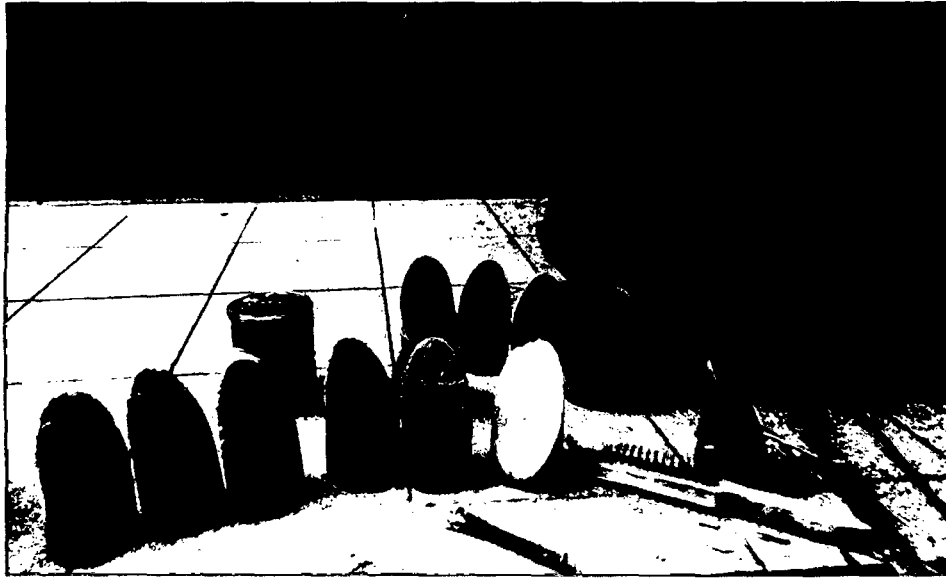


Moldes  
de PVC  
de 3 pulg.  
de  
diámetro  
y 6 pulg.  
de altura.

**Figura III.4**Elaboración de secciones con cara a 30° en moldes de PVC de tres pulgadas de diámetro



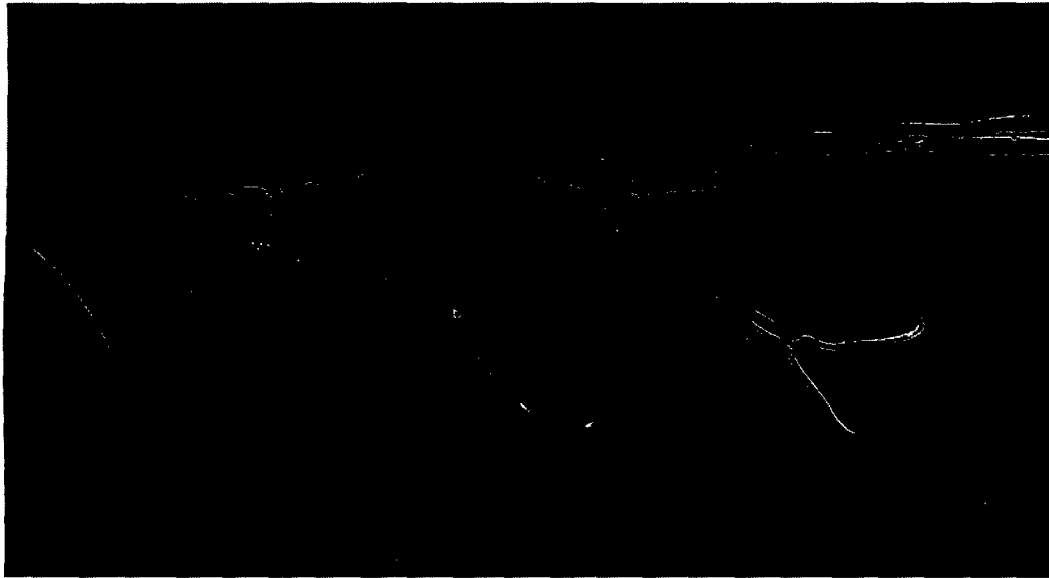
**Figura III.5**Elaboración probetas para pruebas tipo IV unión de dos secciones con cara a 30°  
concreto endurecido adherido a concreto endurecido  
Secciones antes de colocar el adhesivo epóxico



**Figura III.6**Elaboración probetas para pruebas tipo IV unión de dos secciones con cara a 30°  
concreto endurecido adherido a concreto endurecido  
Secciones con capa de adhesivo epóxico



**Figura III.7**Elaboración probetas para pruebas tipo IV unión de dos secciones con cara a 30°  
concreto endurecido adherido a concreto endurecido  
Secciones Unidas



**Figura III.8**Elaboración probetas para pruebas tipo V unión de dos secciones con cara a 30°  
concreto endurecido adherido a Mortero fresco  
Secciones de concreto endurecido con capa de adhesivo epóxico



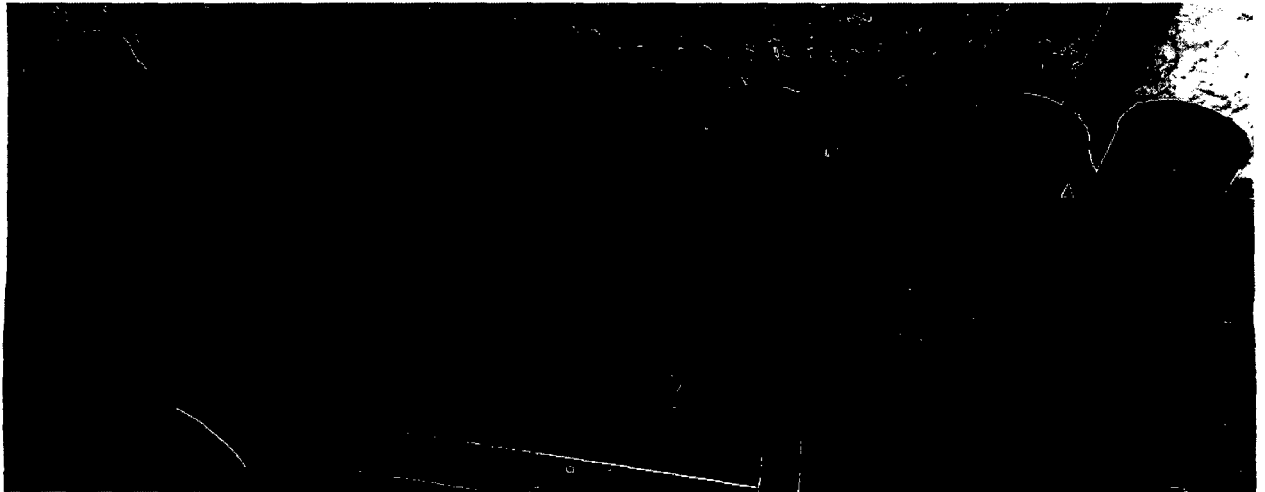
**Figura III.9**Elaboración probetas para pruebas tipo V unión de dos secciones con cara a 30°  
concreto endurecido adherido a Mortero fresco  
Secciones de concreto endurecido con capa de adhesivo epóxico introduciéndolo en molde de  
PVC de 3 pulgadas de diámetro y 6 pulgadas de altura



**Figura III.10**Elaboración probetas para pruebas tipo V unión de dos secciones con cara a 30°  
concreto endurecido adherido a Mortero fresco  
Colocación de mortero fresco en la sección restante



**Figura III.11**Elaboración probetas para pruebas tipo V unión de dos secciones con cara a 30°  
concreto endurecido adherido a Mortero fresco  
Llenado de probetas concluido



### 3.5 Resultados de las pruebas a compresión.

*Probetas patrón o Monolíticas.*

**Tabla III.3 – Resultados de pruebas a compresión de especímenes monolíticos.**

N° Probeta	Fecha Fabricación	Fecha de Rotura	Días de Fraguado	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	$\sigma$ Kg/cm <sup>2</sup>	Peso - W (Kg)	Descripción
1	01-Feb-13	08-Feb-13	7	45.60	5,750	126.09	1.82	Monolítico
2	01-Feb-13	08-Feb-13	7	45.60	6,700	146.92	1.97	Monolítico
3	01-Feb-13	08-Feb-13	7	45.60	5,300	116.22	1.85	Monolítico
Promedio					<b>5,917</b>	<b>129.74</b>	<b>1.88</b>	
4	01-Feb-13	15-Feb-13	14	45.60	7,650	167.75	1.87	Monolítico
5	01-Feb-13	15-Feb-13	14	45.60	8,140	178.49	1.93	Monolítico
6	01-Feb-13	15-Feb-13	14	45.60	7,200	157.88	1.78	Monolítico
Promedio					<b>7,663</b>	<b>168.04</b>	<b>1.86</b>	
7	01-Feb-13	01-Mar-13	28	45.60	9,480	207.88	2.01	Monolítico
8	01-Feb-13	01-Mar-13	28	45.60	9,865	216.32	1.98	Monolítico
9	01-Feb-13	01-Mar-13	28	45.60	9,670	212.04	1.90	Monolítico
Promedio					<b>9,672</b>	<b>212.08</b>	<b>1.96</b>	

Los resultados nos indican que los especímenes alcanzan a los siete días el 61.78% de la resistencia de diseño y el 80% a los 14 días. El comportamiento de las probetas monolíticas es el esperado. El área indicada en la tabla III.3 corresponde a la circunferencia de 3 pulgadas de diámetro.

El análisis estadístico de los resultados se muestra en el anexo E.

## Probetas Tipo IV.

**Tabla III.4 – Resultados de pruebas a compresión de especímenes conformados por dos secciones de concreto endurecido.**

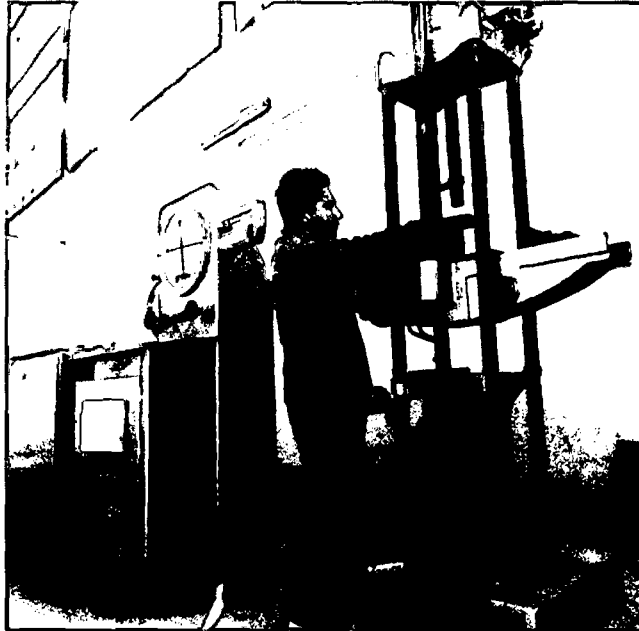
N° Probeta	Fecha Fabricación	Fecha de Rotura	Días de Fraguado	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	$\sigma$ Kg/cm <sup>2</sup>	Peso - W (Kg)	$\sigma$ Adhesivo Kg/cm <sup>2</sup>	Descripción
10	01-Feb-13	01-Mar-13	28	45.60	9,385	205.79	1.96	102.95	Tipo IV
11	01-Feb-13	01-Mar-13	28	45.60	10,005	219.39	2.03	109.75	Tipo IV
12	01-Feb-13	01-Mar-13	28	45.60	9,625	211.06	1.98	105.58	Tipo IV
Promedio					<b>9,672</b>	<b>212.08</b>	<b>1.99</b>	<b>106.10</b>	

Los resultados nos muestran una resistencia promedio de 212.08 Kg/cm<sup>2</sup> de los especímenes formados por dos secciones de concreto endurecido fraguados ambos a 28 días.

Se pudo observar durante la rotura, para este tipo de especímenes, que la falla inicia en las secciones y posteriormente se desplaza hacia la sección de unión donde se aplicó el puente adherente como se puede observar en la siguiente secuencia de fotos.

El análisis estadístico de los resultados se muestra en el anexo E.

**Figura III.12** Ubicación de probeta para ser sometida a fuerzas de compresión



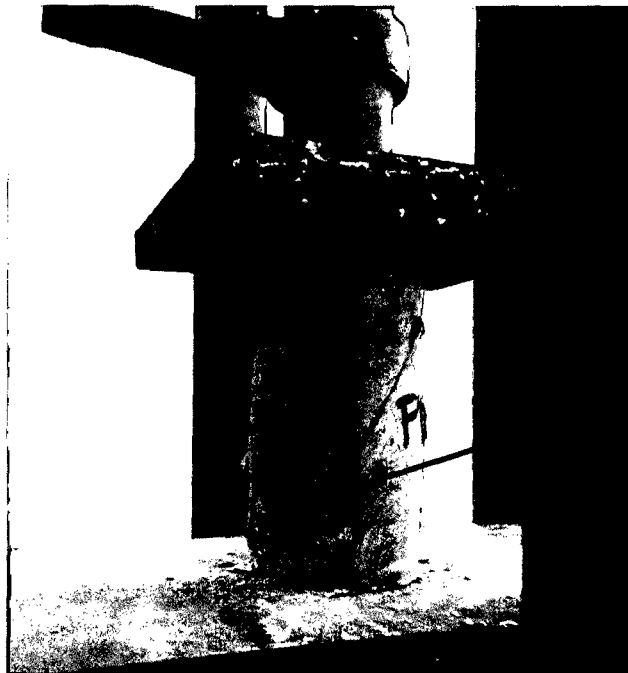
**Figura III.13** Inicio de prueba a compresión del espécimen



Sección de unión de secciones de concreto endurecido. Se observa el adhesivo epóxico



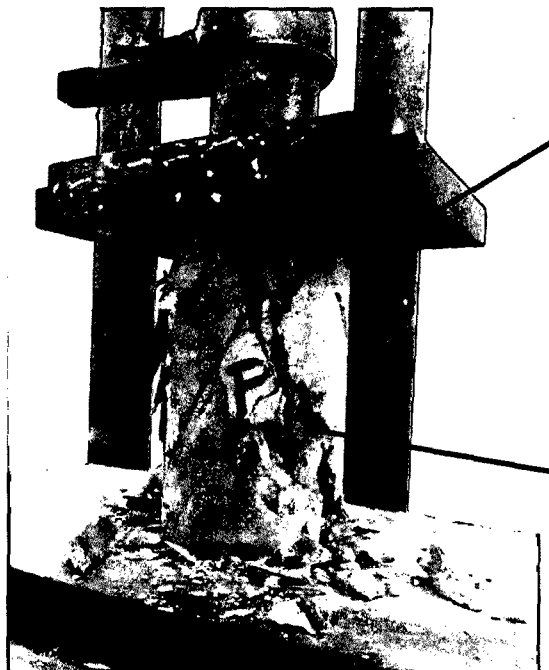
**Figura III.14** Aparición de grietas en el espécimen



Se observan fallas estas no afectan la sección de unión donde se aplicó el adhesivo epóxico

Sección de unión de secciones de concreto endurecido. Se observa el adhesivo epóxico

**Figura III.15** El espécimen falló fin de la prueba



Sección de unión de secciones de concreto endurecido. Se observa el adhesivo epóxico inalterado

La rotura se genera en una sección opuesta a la cara donde se aplicó el adhesivo epóxico

**Figura III.16** Retiro de los restos de la probeta



Se observa partes de la sección de unión donde se colocó el adhesivo epóxico, separados

Probetas Tipo V.

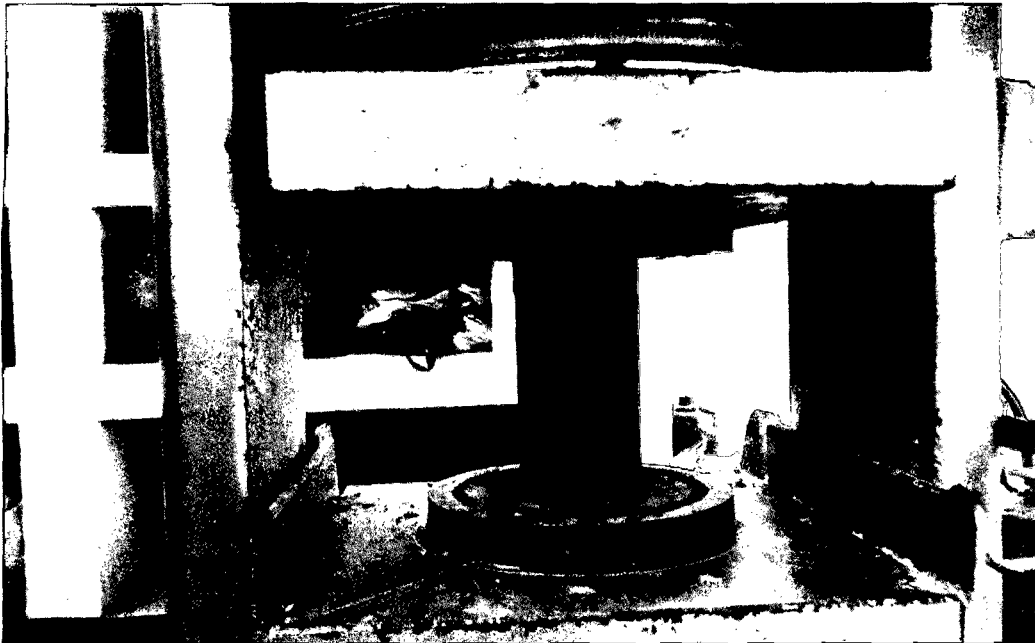
**Tabla III.5 – Resultados de pruebas a compresión de especímenes conformados por dos secciones de concreto endurecido con mortero fresco.**

N° Probeta	Fecha Fabricación	Fecha de Rotura	Días de Fraguado	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	$\sigma$ Kg/cm <sup>2</sup>	Peso - W (Kg)	$\sigma$ Adhesivo Kg/cm <sup>2</sup>	Descripción
13	18-Feb-13	25-Feb-13	7	45.60	4,300	94.29	2.05	47.17	Tipo V
14	18-Feb-13	25-Feb-13	7	45.60	5,250	115.12	1.96	57.59	Tipo V
15	18-Feb-13	25-Feb-13	7	45.60	5,750	126.09	1.98	63.08	Tipo V
16	18-Feb-13	25-Feb-13	7	45.60	6,700	146.92	1.95	73.50	Tipo V
17	18-Feb-13	25-Feb-13	7	45.60	6,500	142.53	1.99	71.30	Tipo V
18	18-Feb-13	25-Feb-13	7	45.60	3,850	84.42	2.03	42.23	Tipo V
Promedio					<b>5,683</b>	<b>124.62</b>	<b>1.99</b>	<b>62.34</b>	
19	18-Feb-13	04-Mar-13	14	45.60	7,600	166.65	2.01	83.37	Tipo V
20	18-Feb-13	04-Mar-13	14	45.60	7,200	157.88	1.98	78.98	Tipo V
21	18-Feb-13	04-Mar-13	14	45.60	6,900	151.30	1.99	75.69	Tipo V
22	18-Feb-13	04-Mar-13	14	45.60	8,150	178.71	2.03	89.40	Tipo V
23	18-Feb-13	04-Mar-13	14	45.60	7,750	169.94	2.05	85.02	Tipo V
24	18-Feb-13	04-Mar-13	14	45.60	7,500	164.46	1.97	82.27	Tipo V
Promedio					<b>7,800</b>	<b>171.04</b>	<b>2.02</b>	<b>85.56</b>	
25	18-Feb-13	18-Mar-13	28	45.60	9,450	207.22	2.00	103.66	Tipo V
26	18-Feb-13	18-Mar-13	28	45.60	9,670	212.04	1.96	106.08	Tipo V
27	18-Feb-13	18-Mar-13	28	45.60	9,600	210.51	1.98	105.31	Tipo V
28	18-Feb-13	18-Mar-13	28	45.60	9,500	208.32	1.99	104.21	Tipo V
29	18-Feb-13	18-Mar-13	28	45.60	9,550	209.41	2.02	104.76	Tipo V
30	18-Feb-13	18-Mar-13	28	45.60	9,580	210.07	2.04	105.09	Tipo V
Promedio					<b>9,543</b>	<b>209.27</b>	<b>2.02</b>	<b>104.69</b>	

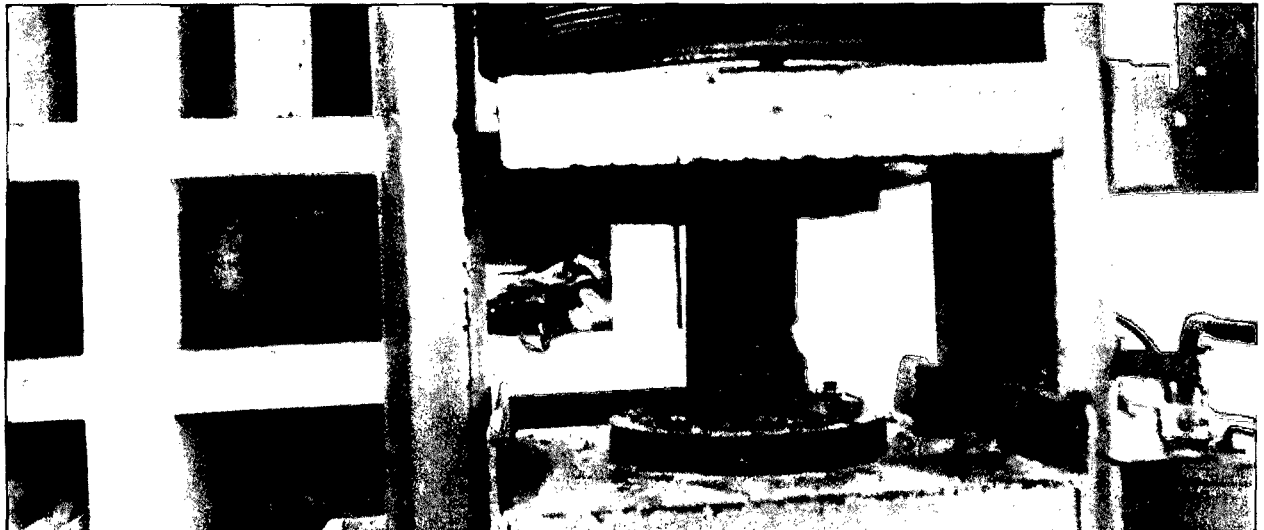
En el registro fotográfico mostrado a continuación se observa roturas a 7 días donde la falla se genera en la sección de unión del adhesivo epóxico, roturas a 14 y 28 días donde la falla se da del concreto a la sección donde se aplicó el adhesivo epoxico.

El análisis estadístico de los resultados se muestra en el anexo E.

**Figura III.17** Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 7 días – Inicio de la prueba de compresión.



**Figura III.18** Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 7 días – Se observan fallas en el concreto y en la sección con adherente epóxico.



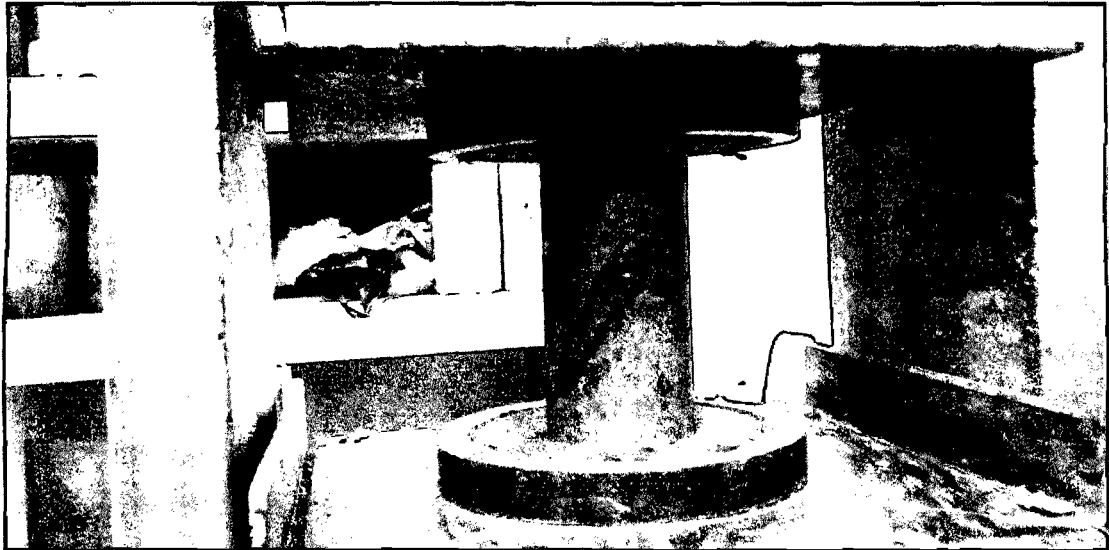
**Figura III.19** Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 7 días – Concluye la prueba la fractura se expande por la sección con adhesivo.



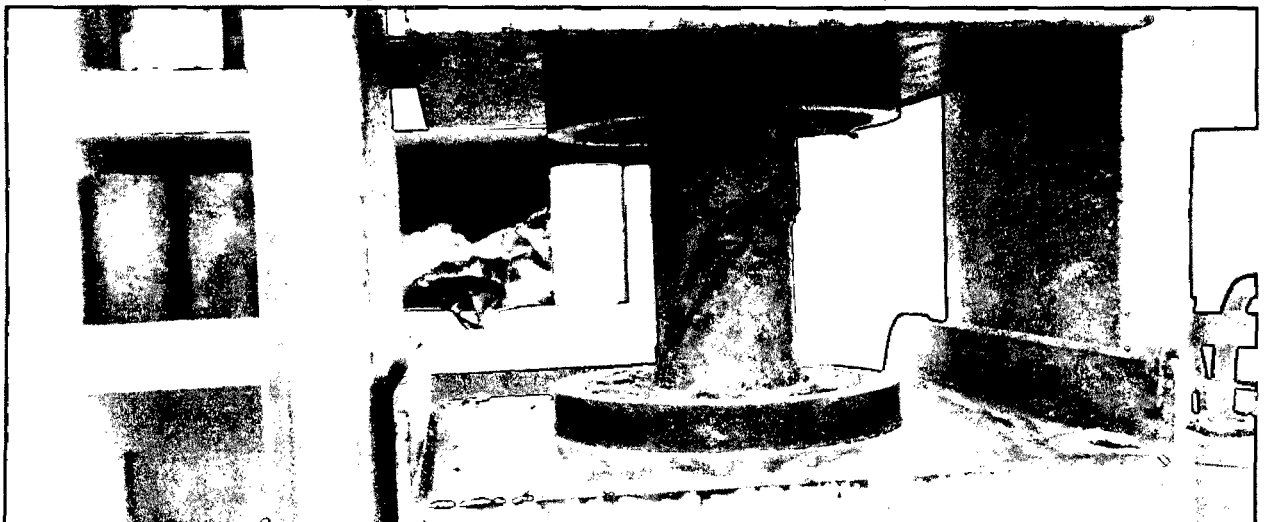
**Figura III.20** Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 7 días – Partes de la probeta.



**Figura III.21** Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 14 días – Probeta instalada para evaluación.



**Figura III.22** Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 14 días – Se observan fisuras.



**Figura III.23** Probeta para prueba tipo V concreto endurecido adherido a mortero fresco, prueba a 14 días – Las fisuras se extienden hasta la sección con adhesivo epóxico. Fin de la prueba.



## **CAPITULO IV. CONCLUSIONES.**

- 4.1 Los especímenes de concreto para los tipos IV y V en los que se utilizó el adhesivo epóxico alcanzan la resistencia a la compresión planteada, su comportamiento es similar a los especímenes monolíticos.
- 4.2 Los agregados del rio Cajamarquino utilizados para el diseño de la mezcla de concreto tienen características físicas, químicas y mecánicas apropiadas para ser usadas en el concreto.
- 4.3 La aplicación del adhesivo epóxico sobre una superficie limpia, tratada de acuerdo a las indicaciones de las normas descritas en este documento, y bajo las indicaciones del fabricante permiten obtener resultados correctos en la prueba a la compresión.
- 4.4 Se determinó el diseño de mezcla de concreto mediante el método del Módulo de Fineza de la combinación de agregados alcanzándose la resistencia de diseño.
- 4.5 Se observó mejor comportamiento del adhesivo epóxico en la unión de concreto endurecido con concreto endurecido.



## **CAPITULO V. BIBLIOGRAFIA.**

- 5.1 American Concrete Institute. 2010. ACI 301S-10: Especificaciones para Concreto Estructural. P 25-30.
- 5.2 ASTM C882/C882M 2012: Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used With Concrete By Slant Shear.
- 5.3 ASTM C881/C881M – 10: Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete.
- 5.4 J. P. Cook. 1999. Selladores y Adhesivos para Construcción. Limusa.
- 5.5 Mexico (U. N. A. M.). 2002. Manual de Tecnología del Concreto Tomo IV. Limusa.
- 5.6 Julio Kuroiwa Horiuchi. 2012. Desarrollo De La Cultura De Prevención De Desastres En El Perú. P 2-17.
- 5.7 Instituto de Regulación y Finanzas. 2011. El despegue del Perú El Aporte de la Inversión Privada en Infraestructura. P 1-32.
- 5.8 Sika. 2011. Adhesivos en la Construcción y Reparación de Estructuras de Concreto. P 12-14.
- 5.9 Ricardo Giani Del Chiaro. Procedimientos De Reparación Estructural. Procret Limitada. P 4-9
- 5.10 Enrique Riva López. 2006. Durabilidad y Patología del Concreto. P 17-22.
- 5.11 Norma Técnica De Edificación E.060 Concreto Armado.

5.12 Indecopi. 2002 NTP 400.037-AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto).

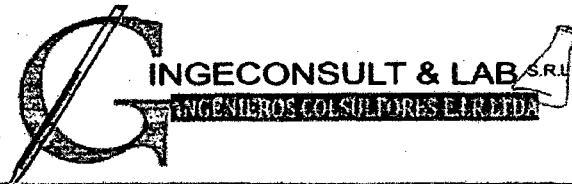
5.13 Indecopi. 1999. NTP 339.033 Hormigón. Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra.

5.14 Indecopi. 1999. NTP 339.034 Hormigón. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

5.15 Ing. Enrique Riva López 1999 “Diseño de Mezclas” Editorial Limusa, México.

## **CAPITULO VI. ANEXOS**

### **6.1 ANEXO A. Resultados de Laboratorio de una Muestra de Agregado Grueso.**



---

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

---

**AGREGADO GRUESO**

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

**DETERMINACIÓN DE CARBÓN Y LIGNITO**  
**(ASTM C 123-2004 / MTC E 215)**

**SOLICITA** : BACHILLER EDUARDO VALENCIA ZAFRA  
**PROCEDENCIA** : RIO CAJAMARQUINO  
**TESIS** : EVALUCION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE  
 SUEMA SPOX – ADITIVO 32 EN JUNTAS FRÍAS EN EL  
 DISTRITO CAJAMARCA  
**FECHA** : 12/01/13


**RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO**

$$\% \text{ carbon y lignito} = \frac{\text{peso seco de las partículas que flotan}}{\text{peso seco de la muestra de ensayo}} \times 100$$

MUESTRA	CARBÓN Y LIGNITO (%)
AGREGADO GRUESO	0.33

Especificaciones técnicas: Rango Máximo 0.50 %

**NOTA:** La muestra fue alcanzado por el interesado para su análisis respectiv

  
 HUGO MOSQUERA ESTRAYER  
 INGENIERO QUÍMICO  
 JEFE DE LAB. ANÁLISIS F.Q.

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

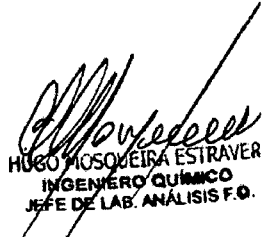
**PARTÍCULAS LIVIANAS EN AGREGADO GRUESO**  
**MÉTODO (ASTM C 123 - 04 - MTC E 202)**

**SOLICITA** : BACHILLER EDUARDO VALENCIA ZAFRA  
**PROCEDENCIA** : RIO CAJAMARQUINO  
**TESIS** : EVALUCION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE  
SUEMA SPOX - ADITIVO 32 EN JUNTAS FRÍAS EN EL  
DISTRITO CAJAMARCA  
**FECHA** : 12/01/13

**% PARTÍCULAS LIVIANAS EN AGREGADO GRUESO**

<b>DATOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>[PROMEDIO]</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Peso de la muestra seca Retenida en el Tamiz n° 50 (300 micras) (gr.)	2418.6	2471.6	2382.9		0.5 %	MÁX.
Peso de las partículas Retenidas en el colador (gr.)	2.40	1.90	1.70			
Partículas Livianas %	0.099	0.077	0.071	0.248%		

**NOTA:** LA muestra fue alcanzado a este laboratorio por el interesado para su análisis respectivo

  
**HUGO MOSQUEIRA ESTRAYER**  
**INGENIERO QUÍMICO**  
**JEFE DE LAB. ANÁLISIS F.O.**

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 Y SULFATOS DE UNA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO  
(NTP 339.176, AASHTO T290)**

**SOLICITA** : BACHILLER EDUARDO VALENCIA ZAFRA  
**PROCEDENCIA** : RIO CAJAMARQUINO  
**TESIS** : EVALUCION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE  
SUEMA SPOX – ADITIVO 32 EN JUNTAS FRÍAS EN EL  
DISTRITO CAJAMARCA  
**FECHA** : 12/01/13

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

<b>MUESTRA</b>	<b>pH</b>	<b>SULFATOS (SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup> ppm</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
<b>AGREGADO GRUESO</b>	7.70	78.30	20

**NOTA:** La muestra fue alcanzado a este laboratorio por el interesado para su análisis respectivo.

  
HUGO MOSQUERA ESTRAVER  
INGENIERO QUÍMICO  
JEFE DE LAB. ANÁLISIS F.O.

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 Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO  
(NTP 339.176, AASHTO T291)**

**SOLICITA** : BACHILLER EDUARDO VALENCIA ZAFRA  
**PROCEDENCIA** : RIO CAJAMARQUINO  
**TESIS** : EVALUCION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE  
SUEMA SPOX - ADITIVO 32 EN JUNTAS FRÍAS EN EL  
DISTRITO CAJAMARCA  
**FECHA** : 12/01/13

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

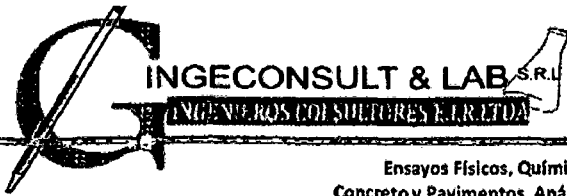
MUESTRA	pH	CLORUROS (Cl <sup>-</sup> ) ppm	Temperatura (°C)
AGREGADO GRUESO	7.80	78.10	20

**NOTA:** La muestra fue alcanzado a este laboratorio por el interesado para su análisis respectivo.



HUGO MOSQUERA ESTRAVER  
INGENIERO QUÍMICO  
JEFE DE LAB. ANÁLISIS F.O.





**INGECONSULT & LAB S.R.L.**

INGENIEROS CONSULTORES S.R.L.TDA

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

**ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO (SULFATO DE SODIO)**  
 (ASTM C 88 - MTC B 209)

SOLICITA : BACHILLER EDUARDO VALENCIA ZAFRA  
 PROCEDENCIA : RIO CAJAMARQUINO  
 TESIS : EVALUCION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE  
 SUEMA SPOX - ADITIVO 32 EN JUNTAS FRÍAS EN EL  
 DISTRITO CAJAMARCA  
 FECHA : 12/01/13

**RESULTADOS**

**ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE AGREGADOS GRUESOS AL SULFATO DE SODIO (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)**

TAMAÑO DE LOS TAMICES		ESCALONADO DE LA MUESTRA ORIGINAL	PESO DE LAS FRACCIONES COMPRENDIDAS ANTES DEL ENSAYO	PORCENTAJE QUE PASA POR TAMICES MÁS FINOS (% PÉRDIDA REAL)	PROMEDIO PESADO PORCENTAJE PÉRDIDA CORREGIDA
PASA	RETIENE				
9.5 mm	4.75mm	15.96	100	7.90	1.26
4.75mm	2.36 mm	22.44	100	7.50	1.68
2.36 mm	1.18 mm	7.21	100	8.80	0.63
1.18 mm	600 um	12.30	100	8.30	1.02
600 um	300 um	20.28	100	8.80	1.78
300 um	150 um	21.21	100	7.80	1.85
<b>TOTALES</b>		100.00	600		8.22%

NOTA: La muestra fue alcanzado a este laboratorio por el interesado para su análisis respectivo

CONCLUSIONES: De acuerdo a la norma ASTM C 33M-11, los resultados de este ensayo, indica que se encuentra dentro de los límites

INGENIERO QUÍMICO  
 JEFE DE LAB. ANÁLISIS F.O

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

## DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD AGREGADO/ALCALI

(Método Químico)

(ASTM C - 289)

**SOLICITA** : BACHILLER EDUARDO VALENCIA ZAFRA

**PROCEDENCIA** : RIO CAJAMARQUINO

**TESIS** : EVALUCION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE  
SUEMA SPOX – ADITIVO 32 EN JUNTAS FRÍAS EN EL  
DISTRITO CAJAMARCA

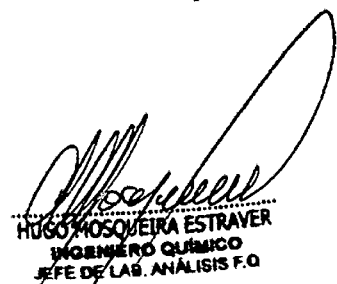
**FECHA** : 12/01/13

### RESULTADOS

MUESTRA	AGREGADO - ALCALI	
	CONCENTRACIÓN SÍLICE (Si) (mmol/l)	REDUCCIÓN DE ALCALINIDAD(Rc) (mmol/l)
AGREGADO GRUESO	32.40	26.20

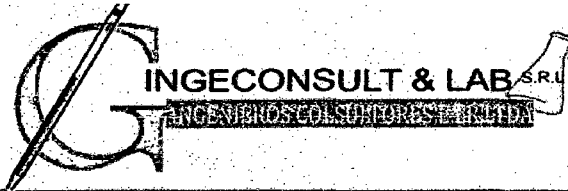
**NOTA:** La muestra fue alcanzado a este laboratorio por el interesado para su análisis respectivo.

**CONCLUSIONES:** De acuerdo a la norma ASTM C - 289, los resultados de este ensayo, indica que la muestra se halla como **MATERIAL ACEPTABLE**, para su uso en mezclas de concreto.



HUGO MOSQUERA ESTRAYER  
INGENIERO QUÍMICO  
JEFE DE LAB. ANÁLISIS F.O

**6.2 ANEXO B. Resultados de Laboratorio de una Muestra de Agregado Fino.**



---

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

---

**AGREGADO FINO**

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

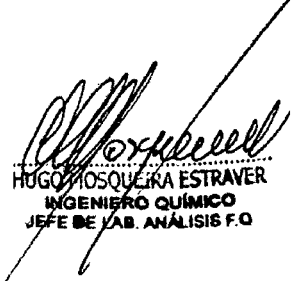
**PARTÍCULAS LIVIANAS EN AGREGADO FINO**  
**MÉTODO (ASTM C 123 - 04 - MTC E 211)**

**SOLICITA** : BACHILLER EDUARDO VALENCIA ZAFRA  
**PROCEDENCIA** : RIO CAJAMARQUINO  
**TESIS** : EVALUCION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE  
SUEMA SPOX – ADITIVO 32 EN JUNTAS FRÍAS EN EL  
DISTRITO CAJAMARCA  
**FECHA** : 12/01/13

**% DE PARTÍCULAS LIVIANAS EN UNA MUESTRA DE AGREGADO FINO**

DATOS	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACIONES	
Peso de la muestra seca Retenida en el Tamiz n° 50 (300 micras) (gr.)	217.63	349.38	251.76		0.5 %	MÁX.
Peso de las partículas Retenidas en el colador (gr.)	0.284	0.517	0.493			
Partículas Livianas %	0.130	0.148	0.196	0.158%		

**NOTA:** la muestra fue alcanzado por el interesado para su análisis respectivo.

  
HUGO MOSQUERA ESTRAYER  
INGENIERO QUÍMICO  
JEFE DE LAB. ANÁLISIS F.O



---

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 CELULAB: 976026950 TELEFONO: 364793

---

**ANÁLISIS DE pH Y SULFATOS DE UNA MUESTRA DE AGREGADO FINO  
(NTP 339.176, AASHTO T290)**

**SOLICITA** : BACHILLER EDUARDO VALENCIA ZAFRA  
**PROCEDENCIA** : RIO CAJAMARQUINO  
**TESIS** : EVALUCION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE  
SUEMA SPOX – ADITIVO 32 EN JUNTAS FRÍAS EN EL  
DISTRITO CAJAMARCA  
**FECHA** : 12/01/13

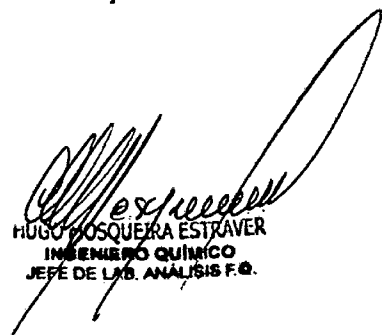
---

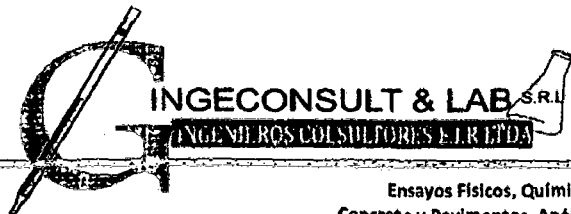
**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

<b>MUESTRA</b>	<b>pH</b>	<b>SULFATOS (SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup> ppm</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
<b>AGREGADO FINO</b>	7.85	76.40	20

---

**NOTA:** La muestra fue alcanzado a este laboratorio por el interesado para su análisis respectivo.

  
HUGO MOSQUERA ESTRAYER  
INGENIERO QUÍMICO  
JEFE DE LAB. ANÁLISIS F. Q.



**INGECONSULT & LAB S.R.L.**

INGENIEROS CONSULTORES E I.R.T.I.D.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

**ENSAYO DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO (SULFATO DE SODIO)**  
 (ASTM C 88 - MTC E 209)

SOLICITA : BACHILLER EDUARDO VALENCIA ZAFRA  
 PROCEDENCIA : RIO CAJAMARQUINO  
 TESIS : EVALUCION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE  
 SUEMA SPOX - ADITIVO 32 EN JUNTAS FRÍAS EN EL  
 DISTRITO CAJAMARCA  
 FECHA : 12/01/13

**RESULTADOS**  
 ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE AGREGADO FINO AL SULFATO DE SODIO (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

TAMAÑO DE LOS TAMICES		ESCALONADO DE LA MUESTRA ORIGINAL	PESO DE LAS FRACCIONES COMPRENDIDAS ANTES DEL ENSAYO	PORCENTAJE QUE PASA POR TAMICES MÁS FINOS (% PÉRDIDA REAL)	PROMEDIO PESADO PORCENTAJE PÉRDIDA CORREGIDA
PASA	RETIENE				
9.50 mm	4.75 mm	9.23	100	9.44	0.87
4.75 mm	2.00 mm	18.41	100	9.69	1.59
2.36 mm	1.18 mm	25.64	100	4.80	1.23
1.18 mm	600 um	23.59	100	10.00	2.36
600 um	300 um	25.13	100	6.94	1.74
300 um	150 mm		100		
<b>TOTALES</b>		<b>100.00</b>	<b>500</b>		<b>7.79%</b>

NOTA: La muestra fue alcanzado a este laboratorio por el interesado para su análisis respectivo

CONCLUSIONES: De acuerdo a la norma ASTM C 33M-11, los resultados de este ensayo, indica que se encuentra dentro de los Límites Permisible

*[Firma]*  
 NUCY MILUSUMENA ESTRAYER  
 INGENIERO QUÍMICO  
 JEFE DE LAB. ANÁLISIS F.O.

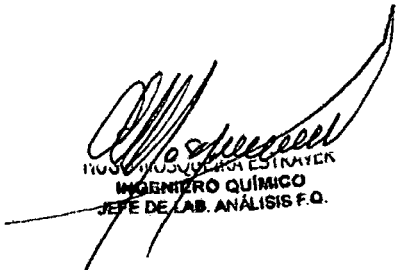
**ANÁLISIS DE pH Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE AGREGADO FINO  
(NTP 339.176, AASHTO T291)**

**SOLICITA** : BACHILLER EDUARDO VALENCIA ZAFRA  
**PROCEDENCIA** : RIO CAJAMARQUINO  
**TESIS** : EVALUCION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE  
 SUEMA SPOX – ADITIVO 32 EN JUNTAS FRÍAS EN EL  
 DISTRITO CAJAMARCA  
**FECHA** : 12/01/13

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

<b>MUESTRA</b>	<b>pH</b>	<b>CLORUROS (Cl<sup>-</sup>) ppm</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
<b>AGREGADO FINO</b>	7.82	75.60	20

**NOTA:** La muestra fue alcanzado a este laboratorio por el interesado para su análisis respectivo.

  
 HUGO J. ESTRADA  
 INGENIERO QUÍMICO  
 JEFE DE LAB. ANÁLISIS F.O.



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: \*695826\_CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

## DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD AGREGADO FINO /ÁLCALI

### (Método Químico) - ASTM C - 289

**SOLICITA** : BACHILLER EDUARDO VALENCIA ZAFRA  
**PROCEDENCIA** : RIO CAJAMARQUINO  
**TESIS** : EVALUCION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE  
SUEMA SPOX - ADITIVO 32 EN JUNTAS FRÍAS EN EL  
DISTRITO CAJAMARCA  
**FECHA** : 12/01/13

### RESULTADOS

MUESTRA	AGREGADO - ÁLCALI	
	CONCENTRACIÓN SÍLICE (Sc) (mmol/l)	REDUCCIÓN DE ALCALINIDAD (Rc) (mmol/l)
AGREGADO FINO	21.10	40.30

**NOTA:** La muestra fue alcanzado a este laboratorio por el interesado para su análisis respectivo

**CONCLUSIONES:** De acuerdo a la norma ASTM C - 289, los resultados de este ensayo, indica que la muestra se halla como **MATERIAL ACEPTABLE**, para su uso en mezclas de concreto.

*[Firma]*  
INGENIERO QUÍMICO  
JEFE DE LAB. ANÁLISIS F.O.

**6.3 ANEXO C. Diseño de Mezcla de Concreto.**

<b>TESIS</b>	<b>:EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO USANDO ADITIVO ADHERENTE "CHEMA EPOX ADHESIVO 32" EN JUNTAS FRIAS EN EL DISTRITO DE</b>
<b>UBICACIÓN</b>	<b>: DISTRITO CAJAMARCA, PROVI. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA</b>
<b>TESISTA</b>	<b>: BACH. EDUARDO SALOMÓN VALENCIA ZAFRA</b>
<b>FECHA</b>	<b>: ENERO DEL 2013</b>

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**

$$f_c = 210 \text{ kgs/cm}^2$$

**MÉTODO DEL MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS****A.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO FINO (ARENA ZARANDEADA)**

1.- Peso específico de masa	2,61	kg/m <sup>3</sup>
2.- Contenido de absorción	2,80	%
3.- contenido de humedad	3,45	%
4.- Peso suelto seco	1562	kg/m <sup>3</sup>
7.- Modulo de finura	3,15	

**PROCEDENCIA : Cantera RIO CAJAMARQUINO****B.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO**

Perfil del Agregado	Angular	
1.-Tamaño Máximo Nominal	3/4	Pulg
2.- Peso específico de masa	260	gr/cm <sup>3</sup>
3.- Contenido de humedad	0,60	%
4.- Contenido de absorción	0,85	%
5.- Peso seco compactado	1590	kg/cm <sup>3</sup>
6.- Peso suelto seco	1512	kg/cm <sup>3</sup>
7.- Modulo de finura	7,93	

**PROCEDENCIA : Cantera RIO CAJAMARQUINO****C) INFORMACIÓN**

Cemento Tipo I	
1.- Peso Especifico	kg/m <sup>3</sup>
P.E. Cemento =	3,11

<b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO</b>	210	kg/cm <sup>2</sup>
s	35	kg/cm <sup>2</sup>
Tabla	7.4.1	
f c	f <sub>c</sub> + 1.34s	
<b>RESISTENCIA PROMEDIO</b>	=	257 kg/cm <sup>2</sup>

## " DATOS DE DISEÑO "

<b>1.- RELACIÓN - AGUA - CEMENTO POR RESISTENCIA</b>				Agua	204	lit/m <sup>3</sup>
				<b>0,58</b>		
<b>CEMENTO</b>				352		kg/m <sup>3</sup>
<b>2.- Slump.</b>	=			<b>3" a 4"</b>		
<b>3.- CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO</b>				<b>901</b>		<b>kg/m<sup>3</sup></b>
<b>4.- CANTIDAD DE AGREGADO FINO</b>						
CEMENTO	=	352	/	3,11	0,113	m <sup>3</sup>
AGUA	=	204	/	1000	0,352	m <sup>3</sup>
P.E AGUA	=	1000				
AIRE	=	1,5%			0,015	m <sup>3</sup>
A. GRUESO	=	901		2,61	0,345	m <sup>3</sup>
Total	=				0,825	m <sup>3</sup>
Volumen del agregado fino * m <sup>3</sup>		1,00	*	0,825	0,318	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino * m <sup>3</sup>		0,318	*	2,61	0,8	kg/m <sup>3</sup>
<b>5.- CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO</b>						
A. fino		859,0	*	3,45	830,00	kg/m <sup>3</sup>
A. grueso		901	*	1,006	906,4	kg/m <sup>3</sup>
<b>6.- APORTE DE HUMEDAD DEL AGREGADO</b>						
A. fino		859,00	(	3,45	- 2,80	) 5,58
A. Grueso		901	(	0,60	- 0,85	) -2,25
						3,33
agua efectiva si los agregados no se encuentran saturados					201	Lts/m <sup>3</sup>
osea : El agua en obra será ajustado de acuerdo a las humedades de los materiales .						

**7.- CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR METRO CUBICO DE CONCRETO**

cemento	:	352	kgs/m <sup>3</sup>	8,28	bls/m <sup>3</sup>
agua	:	24,00	Lts/m <sup>3</sup>		
a. fino	:	830,00	kgs/m <sup>3</sup>	0,51	m <sup>3</sup>
a. grueso	:	906,41	kgs/m <sup>3</sup>	0,60	m <sup>3</sup>
total	:	2112,13	kgs/m <sup>3</sup>		

**8.- PROPORCIÓN EN PESO**

cemento	:	351,72	/	351,72	1
agua	:	24,65	/	351,72	0,58
a. fino	:	830,00	/	351,72	2,31
a. grueso	:	906,41	/	351,72	2,50

**9.- PESO DE LOS MATERIALES POR SACO DE CEMENTO**

cemento	:	1	*	42,5	42,5	kgs/saco
agua	:	0,58	*	42,5	24,65	Lts/saco
a. fino	:	2,31	*	42,5	98,18	kgs/saco
a. grueso	:	2,54	*	42,5	107,95	kgs/saco

**10.- PESO DEL MATERIAL HÚMEDO SUELTO**

a. fino	:	1562	*	1,0345	1615,89	kgs/m <sup>3</sup>
a. grueso	:	1512	*	1,006	1521,072	kgs/m <sup>3</sup>

**11.- PESO DEL MATERIAL HUMEDO POR PIE CUBICO**

a. fino	:	1615,89	/	35,3	45,78	kgs/pie <sup>3</sup>
a. grueso	:	1521,072	/	35,3	43,09	kgs/pie <sup>3</sup>

**12.- PROPORCIÓN EN VOLUMEN PARA 01 BOLSA DE CEMENTO**

cemento	:	42,5	/	42,5	1	saco
agua	:	0,58	*	42,5	24,65	lts./saco
a. fino	:	98,18	/	45,78	2,25	pie <sup>3</sup> /saco
a. grueso	:	107,95	/	43,09	2,50	pie <sup>3</sup> /saco

### 13.- AJUSTE DE MEZCLA DE PRUEBA - METODO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

#### 13.1. Materiales de diseño por metro cúbico, corregidos por humedad

	Diseño	Corregidos por humedad
Cemento =	352,00 kg	352,00 kg
Agua =	204,00 lts	201,00 lts
Agregado Fino =	859,00 kg	889,00 kg
Agregado Grueso =	901,00 kg	906,40 kg

	Agregado fino	Agregado grueso
Contenido de Humedad :	3,45 %	0,60 %
Absorción:	2,80 %	0,85 %

#### 13.2. Al realizar la mezcla de prueba en el laboratorio, se observaron los siguientes datos

Revenimiento o slump =	2,75
Peso unitario del concreto fresco =	2312 kg/m <sup>3</sup>
Agua adicional =	230 cm <sup>3</sup>
Mezcla =	Gravosa

#### 13.3. La colada para un volumen de 0.02 m<sup>3</sup> (3 especímenes standard ) consistirá de :

Cemento =	352 * 0.02	7,04 Kg
Agua añadida =		4,75 lts
Agregado Fino =	889 * 0.02	17,78 Kg
Agregado Grueso =	906,4 * 0.02	18,13 Kg
		.....
Peso de la colada		47,70Kg

#### 13.4. El rendimiento de la mezcla de ensayo sera:

$$\text{Rendimiento} = \text{Peso de la colada} / \text{Peso unitario del concreto}$$
$$\text{Rendimiento} = 47,7 / 2312 = 0,02063071 \text{ m}^3$$

#### 13.5. Agua de mezclado por tanda

Humedad superficial del:

Agregado fino :	3,45 - 2,8 =	0,65 %
Agregado grueso :	0,60 - 0,85 =	-0,25 %
Agua añadida =		4,75 lts
Aporte de humedad del :		
Agregado fino =	859 * 0.02 * 0,0065	0,11 lts
Agregado grueso =	901 * 0.02 * -0,0025	-0,05 lts
		-----
Agua de mezclado por tanda =		4,82 lts / td

**13.6. La cantidad de agua de mezclado requerida por metro cubico de concreto, con el mismo asentamiento de la tanda de ensayo sera:**

$$\text{Agua de mezclado} = 4,82 / 0,02063 = 233 \text{ lts/m}^3$$

**13.7. Correccion por asentamiento**

La cantidad de agua de mezclado requerida por metro cúbico de concreto deberá ser aumentada en dos litros por cada incremento de 1 cm de asentamiento hasta obtener el asentamiento deseado.

En nuestro caso habiendo obtenido un asentamiento de 2,75" equivalente 6,99 cms a un asentamiento de 3.5" equivalente a 8,89 cm, e tiene una diferencia de 1,91cm para la cual se deberá incrementar el agua en 4 lt.

$$\text{Nueva agua de mezclado .....} \quad 233 + 4 = \quad 237 \text{ lts/m}^3$$

**13.8 Nueva relación agua/cemento**

La relacion agua cemento de diseño era = 0,58

Con el incremento del agua deberá incrementarse el cemento para mantener la misma relación agua / cemento

$$\text{Nuevo contenido de cemento} = 237 / 0,58 = 409 \text{ kg/m}^3$$

**13.9 Contenido de agregado grueso**

Desde que la trabajabilidad del agregado grueso fue encontrada satisfactoria, la cantidad de agregado grueso por unidad de volumen del concreto deberá mantenerse igual que en las mezclas de prueba. Por tanto, el volumen de agregado grueso por metro cubico será:

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso humedo} &= 18,13 / 0,02063 = 879 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregado grueso seco} &= 879 / 1,006 = 873 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

**13.10 Corrección por el método de volúmenes absolutos**

Se calcula el volumen absoluto de los mteriales sin considerar al aire, en la mezcla de ensayo original

Volumenes absolutos:	Cemento =	$7,04 / (3,11 * 1000) =$	0,002263666 m <sup>3</sup>	
	Agua =	$4,82 / (1 * 1000) =$	0,004816620 m <sup>3</sup>	
	Agregado fino =	$859 * 0,02 / 2663 =$	0,006452192 m <sup>3</sup>	
	Agregado grueso=	$901 * 0,02 / 2630 =$	0,006852170 m <sup>3</sup>	
			0,020334648 m <sup>3</sup>	
	suma de volúmenes absolutos =			
	Aire atrapado :	$0,020631 - 0,020335) * 100 / 0,020631 =$		1,19%

Establecidas ya las proporciones de todos los componentes de la unidad cúbica del concreto excepto el agregado fino las cantidades ajustadas de un metro cúbico pueden calcularse como sigue:

volumenes absolutos:	Cemento =	$409 / (3,11 * 1000) =$	0,1316 m <sup>3</sup>
	Agua de diseño =	$233 / (1 * 1000) =$	0,2335 m <sup>3</sup>
	Agregado grueso=	$873 / (2,63 * 1000) =$	0,3321 m <sup>3</sup>
	Aire atrapado =	1,19% =	0,0119 m <sup>3</sup>
			0,7092 m <sup>3</sup>
	Suma de volúmenes absolutos =		

Volumen de agregado fino seco =	$1 - 0,7092 =$	0,2908 m <sup>3</sup>
Peso seco del agregado fino =	$0,2908 * 2,66 * 1000 =$	774 kg/m <sup>3</sup>

Los pesos ajustados de los materiales por metro cúbico de concreto serán:

	Peso seco	Peso húmedo
Cemento =	409 Kg	409 Kg
Agua =	233 lts	231 lts
Agregado fino=	774 Kg	801 Kg
Agregado grueso=	873 Kg	879 Kg

El proporcionamiento en peso y volumen en obra será:

Pp húmedo :	1,00	1,96	2,15	23,9 lts/saco
Pv Húmedo:	1,00	1,73	2,27	23,9 lts/saco



#### 6.4 ANEXO D. Hoja Técnica del Adhesivo Epóxico.



**CHEM MASTERS DEL PERU S.A.**

## **Chema Epox ADHESIVO 32**

**Pegamento epóxico gris para pegar concreto antiguo con concreto nuevo**

Versión: Octubre 2012

### **DESCRIPCION:**

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

Entre las principales propiedades tenemos:

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

### **USOS:**

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

### **APLICACION:**

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

#### **2. PREPARACION DE LA SUPERFICIE:**

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

#### **3. PREPARACION DEL PRODUCTO:**

Prepare la mezcla en recipiente de plástico u otro, pero no hacerlo en el mismo envase metálico. Mezcle lo necesario a usar en el momento. Mezcle ambos componentes en volumen: 3 partes de A y 1 parte de B y bata ambas partes hasta obtener una mezcla homogénea de preferencia con un taladro de baja velocidad 350 RPM usando espas o paletas.

Deje reposar unos minutos para eliminar burbujas y luego aplique con una brocha en el área de contacto.

El color de las partes batidas debe ser uniforme, nunca agregarle ningún solvente.

**IMPORTANTE:** El tiempo abierto para vaciar el concreto es de 2 horas como máximo.

Tiempo de trabajabilidad: 2 horas a 25° C

Temperatura de aplicación: 5° C a 40° C

#### **4. APLICACION DE LA MEZCLA DEL PRODUCTO:**

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

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



**IMPORTADORA TECNICA INDUSTRIAL Y COMERCIAL S.A.**

Av. Industrial 765, Lima 1. Teléf. (511) 336-8407 - Fax (511) 336-8408  
e-mail: chema@iticsa.com web: www.iticsa.com



CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS		CHEMA EPOX
		ADHESIVO 32
Color	Parte "A"	Gris Oscuro
	Parte "B"	Ambar
	Mezcla A+B	Gris Oscuro
Peso específico (Kg/gal)	Parte "A"	5.668
	Parte "B"	3.699
	Mezcla A+B	5.234
Viscosidad (KU)	Mezcla A+B	108.5
Pot life	Mezcla A+B	2h 10'
Resistencia a la compresión (Kg/Cm2)	1 día	550
	3 días	715
	7 días	814
Dureza Shore D	1 día	55
	3 días	65
	7 días	70
Secado	Tacto	4h30'
	Tacto duro	24h
Rendimiento	Como Relleno de Anclaje	3.5 litros/gal
	Como Película (1 mm de e.p.h)	4.65 m <sup>2</sup> /gal
Proporción Mezcla en Volumen	Parte "A"	3
	Parte "B"	1
Proporción Mezcla en peso (Kg)	Parte "A"	4.11
	Parte "B"	0.89
	<b>Total</b>	<b>5.00</b>

**RENDIMIENTO:** Consumo aprox. 0.3 a 0.5 Kg/m<sup>2</sup>

**ALMACENAMIENTO:** 1 año mínimo en su envase original cerrado, en ambientes entre 10° y 25°.

**PRESENTACION:**

Kit de 1 kg (Parte A: 0.82kg Parte B: 0.18 kg)

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

**COMPOSICION:** Resinas epóxicas

**INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD:**

Los componentes del epóxico pueden causar irritación. Evite el contacto con los ojos y la piel. utilice guantes y lentes protectores al aplicarlo como precaución. Para mayor información solicite la Hoja Técnica u Hoja de Seguridad al Telf: (511) 336-8407 e-mail: atecnico@iticsa.com

**6.5 ANEXO E. Análisis Estadístico de los resultados de las pruebas a compresión.**

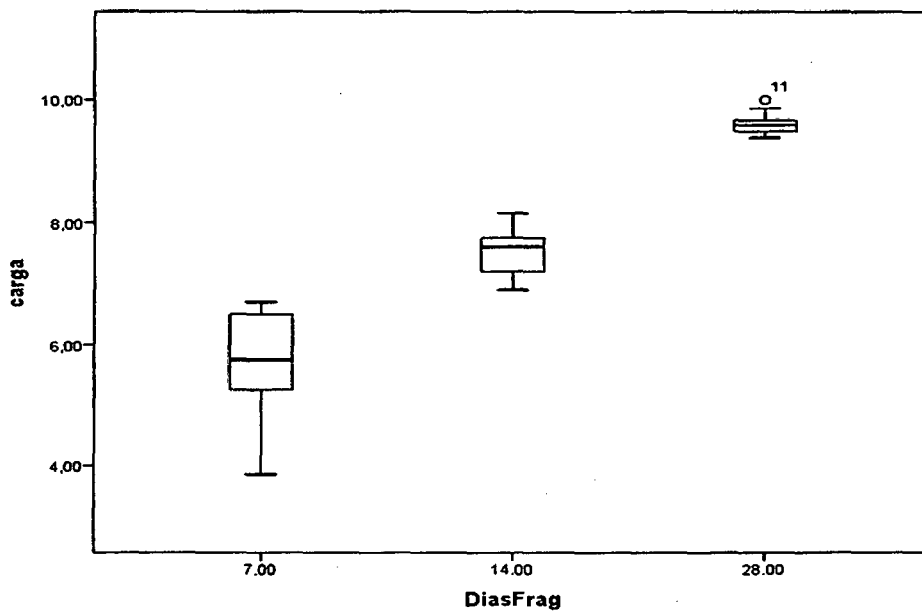
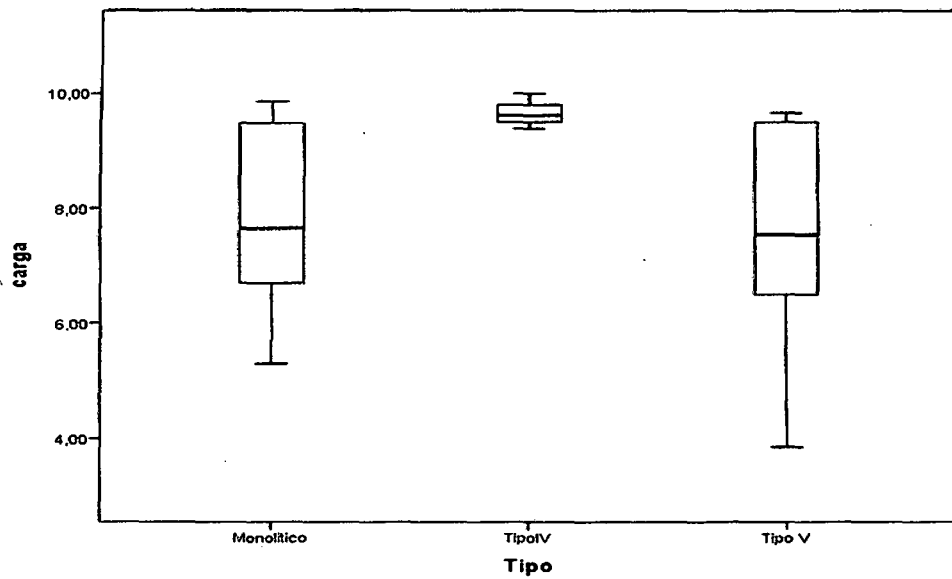
Descriptivos					
Tipo				Estadístico	Error tp.
carga	Monolítico	Media		7.7506	.56177
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	6.4551	
			Límite superior	9.0460	
		Media recortada al 5%		7.7692	
		Mediana		7.6500	
		Varianza		2.840	
		Desv. tp.		1.68531	
	TipoIV	Media		9.6717	.18049
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	8.8951	
			Límite superior	10.4483	
		Media recortada al 5%			
		Mediana		9.6250	
		Varianza		.098	
		Desv. tp.		.31262	
	Tipo V	Media		7.4889	.44178
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	6.5568	
			Límite superior	8.4210	
		Media recortada al 5%		7.5699	
		Mediana		7.5500	
		Varianza		3.513	
		Desv. tp.		1.87429	
resistencia	Monolítico	Media		169.9544	12.31805
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	141.5490	
			Límite superior	198.3599	
		Media recortada al 5%		170.3638	
		Mediana		167.7500	
		Varianza		1365.610	
		Desv. tp.		36.95416	
	TipoIV	Media		212.0800	3.95897
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	195.0459	
			Límite superior	229.1141	
		Media recortada al 5%			
		Mediana		211.0600	
		Varianza		47.020	
		Desv. tp.		6.85713	
	Tipo V	Media		164.2156	9.68729
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	143.7772	
			Límite superior	184.6540	
		Media recortada al 5%		165.9917	
		Mediana		165.5550	
		Varianza		1689.185	
		Desv. tp.		41.09970	

peso	Monolítico	Media		1.9011	.02595	
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	1.8413		
			Límite superior	1.9610		
		Media recortada al 5%		1.9018		
		Mediana		1.9000		
		Varianza		.006		
		Desv. típ.		.07785		
		Tipo IV	Media		1.9900	.02082
			Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	1.9004	
	Límite superior			2.0796		
	Media recortada al 5%					
	Mediana			1.9800		
	Varianza			.001		
	Desv. típ.		.03606			
	Tipo V	Media		1.9989	.00745	
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	1.9832		
			Límite superior	2.0146		
		Media recortada al 5%		1.9988		
Mediana			1.9900			
Varianza			.001			
Desv. típ.			.03160			
adhesiv		Monolítico	Media		88.4211	6.61361
			Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	73.1701	
	Límite superior			103.6721		
	Media recortada al 5%			88.9473		
	Mediana			89.5800		
	Varianza			393.658		
	Desv. típ.			19.84082		
	Tipo IV		Media		106.0933	1.97970
			Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	97.5754	
		Límite superior		114.6113		
		Media recortada al 5%				
		Mediana		105.5800		
		Varianza		11.758		
	Desv. típ.		3.42894			
	Tipo V	Media		82.1506	4.84616	
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	71.9260		
			Límite superior	92.3751		
		Media recortada al 5%		83.0390		
Mediana			82.8200			
Varianza			422.735			
Desv. típ.			20.56053			

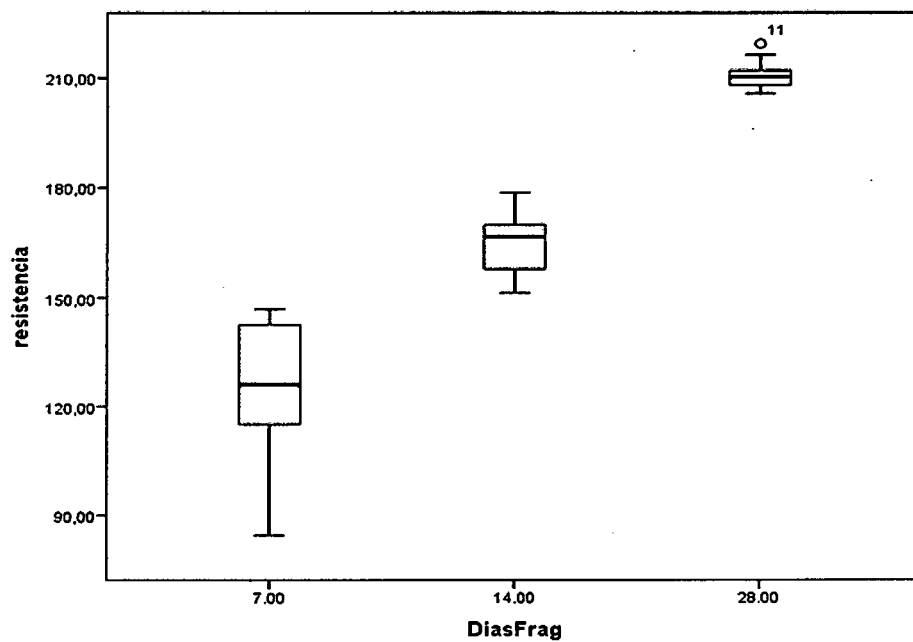
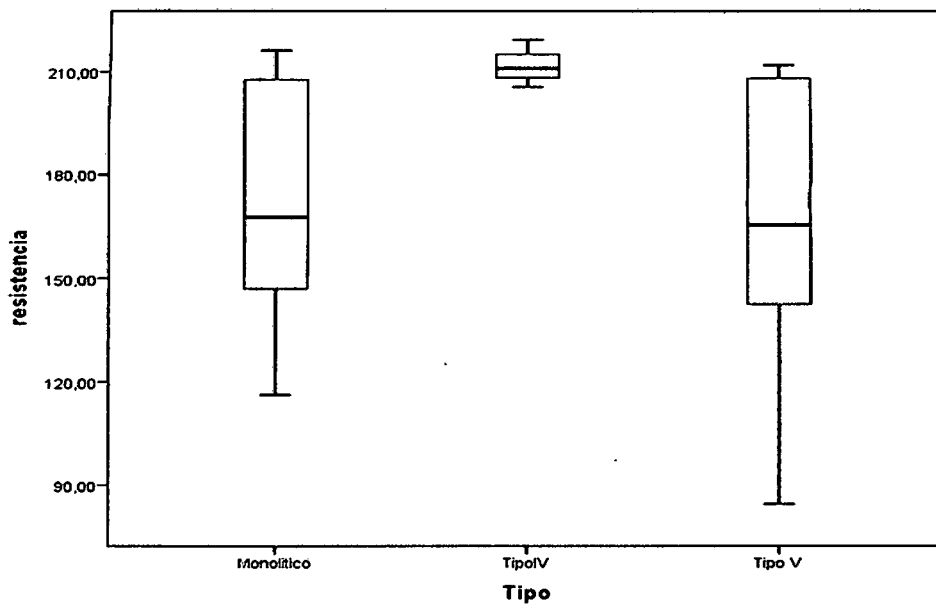
Descriptivos				Estadístico	Error típ.
DiasFrag carga	7,00	Media		5.5667	.33809
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	4.7870	
			Límite superior	6.3463	
		Media recortada al 5%		5.5991	
		Mediana		5.7500	
		Varianza		1.029	
		Desv. típ.		1.01427	
	14,00	Media		7.5656	.14085
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	7.2408	
			Límite superior	7.8904	
		Media recortada al 5%		7.5701	
		Mediana		7.6000	
		Varianza		.179	
		Desv. típ.		.42256	
	28,00	Media		9.6150	.05060
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	9.5036	
			Límite superior	9.7264	
		Media recortada al 5%		9.6061	
		Mediana		9.5900	
		Varianza		.031	
		Desv. típ.		.17529	
resistencia	7,00	Media		122.0667	7.41409
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	104.9697	
			Límite superior	139.1636	
		Media recortada al 5%		122.7774	
		Mediana		126.0900	
		Varianza		494.719	
		Desv. típ.		22.24228	
	14,00	Media		165.8956	3.08848
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	158.7735	
			Límite superior	173.0176	
		Media recortada al 5%		165.9945	
		Mediana		166.6500	
		Varianza		85.848	
		Desv. típ.		9.26543	
	28,00	Media		210.8375	1.10962
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	208.3952	
			Límite superior	213.2798	
		Media recortada al 5%		210.6428	
		Mediana		210.2900	
		Varianza		14.775	
		Desv. típ.		3.84385	

peso	7,00	Media		1.9556	.02528
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	1.8973	
			Límite superior	2.0139	
		Media recortada al 5%		1.9578	
		Mediana		1.9700	
		Varianza		.006	
		Desv. típ.		.07585	
	14,00	Media		1.9567	.02843
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	1.8911	
			Límite superior	2.0222	
		Media recortada al 5%		1.9613	
		Mediana		1.9800	
		Varianza		.007	
		Desv. típ.		.08529	
	28,00	Media		1.9875	.01088
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	1.9636	
			Límite superior	2.0114	
		Media recortada al 5%		1.9894	
Mediana		1.9850			
Varianza		.001			
Desv. típ.		.03769			
adhesiv	7,00	Media		61.0589	3.68340
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	52.5650	
			Límite superior	69.5528	
		Media recortada al 5%		61.4138	
		Mediana		62.2500	
		Varianza		122.107	
		Desv. típ.		11.05020	
	14,00	Media		86.2344	3.03698
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	79.2312	
			Límite superior	93.2377	
		Media recortada al 5%		85.6416	
		Mediana		84.3500	
		Varianza		83.009	
		Desv. típ.		9.11094	
	28,00	Media		105.5950	.56723
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	104.3465	
			Límite superior	106.8435	
		Media recortada al 5%		105.5111	
Mediana		105.2000			
Varianza		3.861			
Desv. típ.		1.96496			

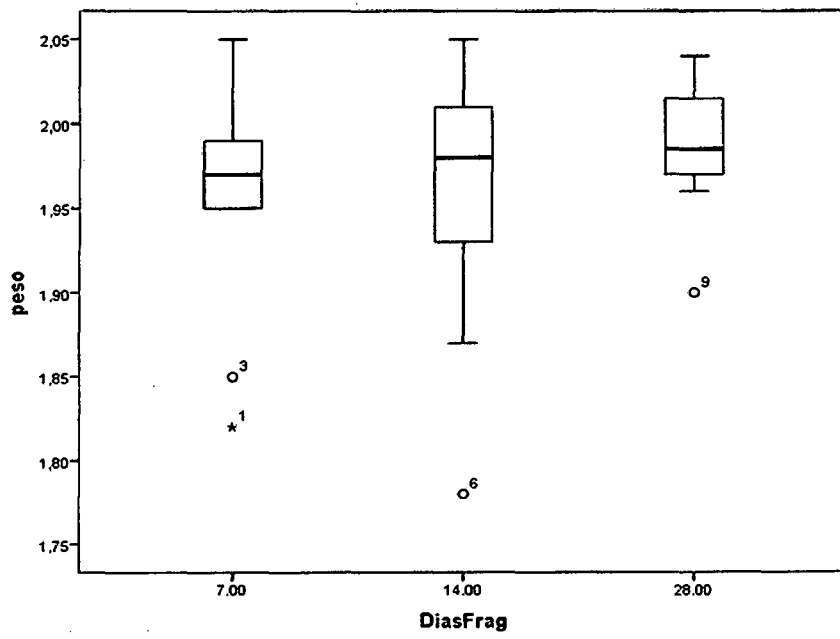
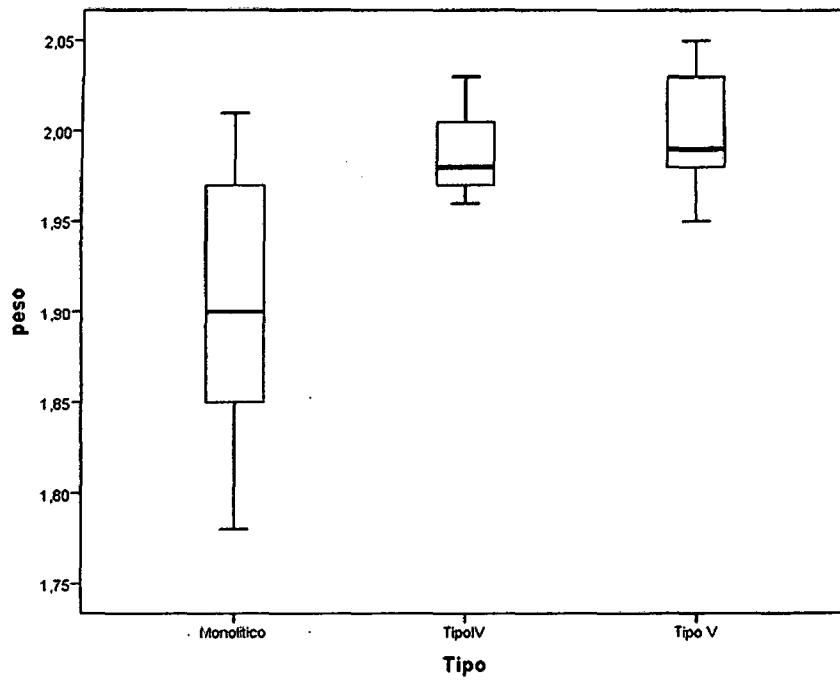


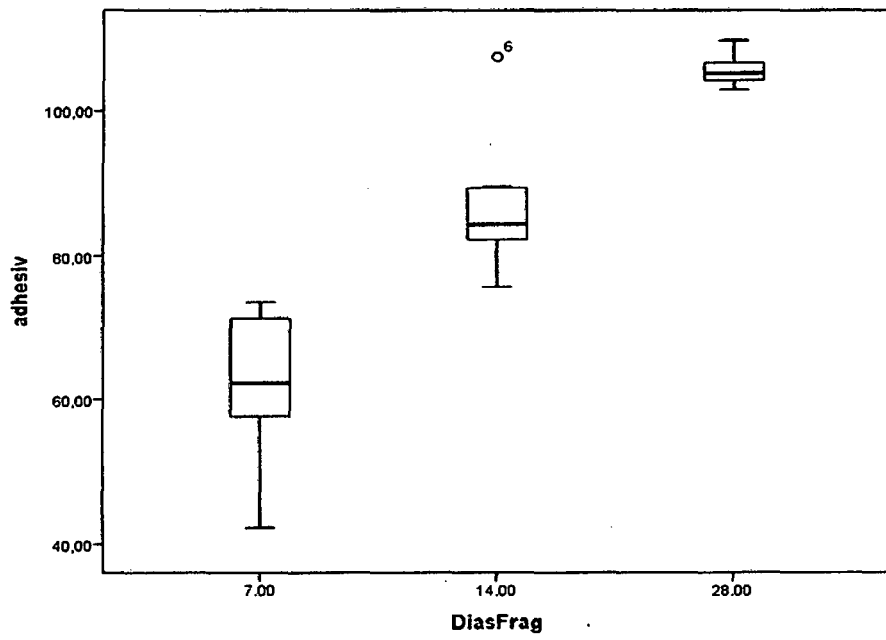
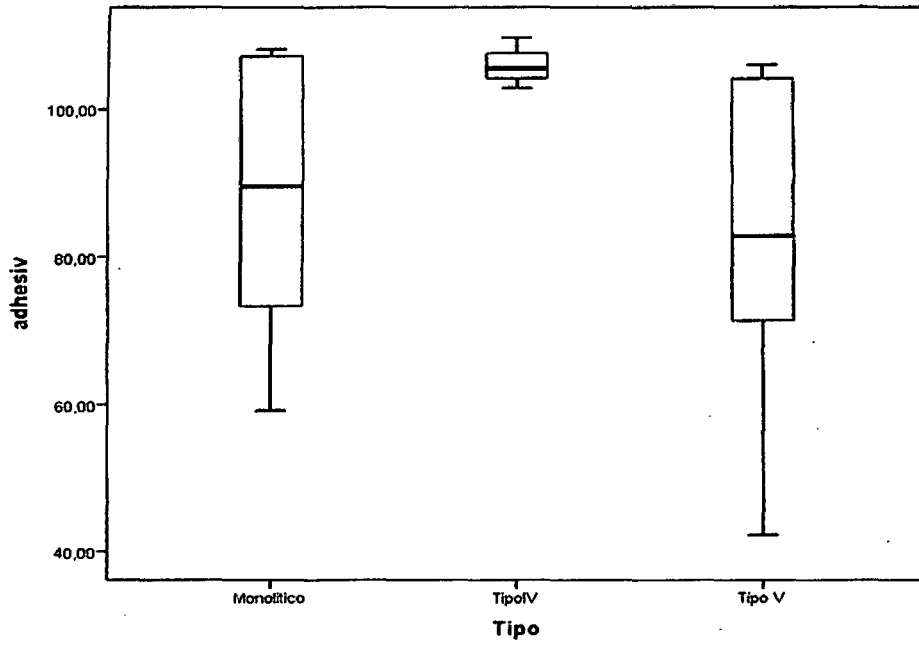


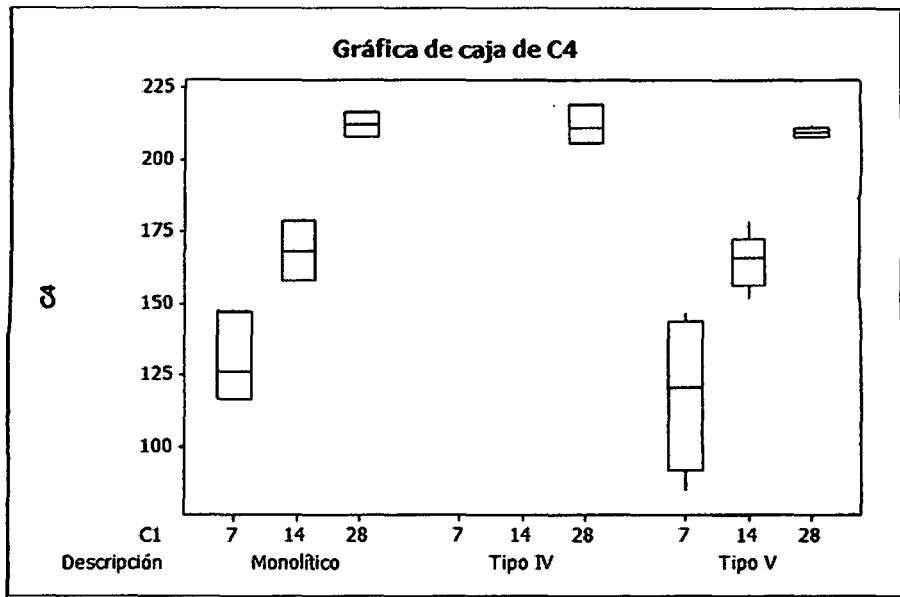
Carga: Las probetas de tipo IV presentan mayor promedio en carga y asimismo menor dispersión mas homogéneas, las cargas en los tipos monolítico y tipo V presentan similares promedios. Las cargas según días de fraguado tiene mejor o mayor promedio las de 28 días, sigue la de 14 y menor carga las de 7 días de fraguado.



Resistencia: Las probetas de tipo Iv presentan mayor resistencia que las de tipo monolítico y Tipo V. Las resistencias según días de fraguado, las probetas con 28 días de fraguado presentan mayor promedio, sigue las resistencias de las probetas con 14 días de fraguado y menor resistencia las de 7 días de fraguado.



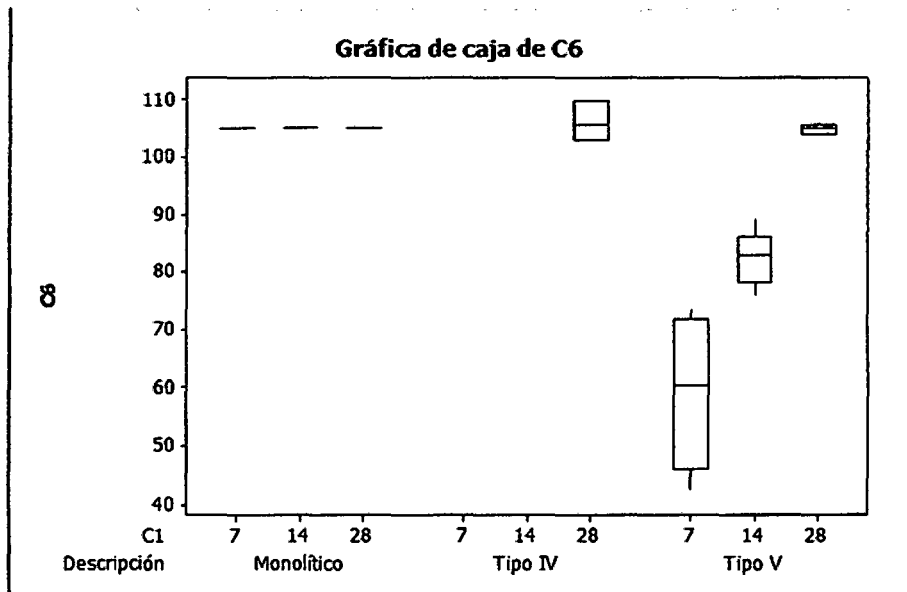




En los especímenes monolíticos se observa un mejor comportamiento de la resistencia a compresión en los especímenes a 14 y 28 días.

En los especímenes tipo IV se observa un comportamiento variado pero aceptable, de la resistencia a compresión a los 28 días.

En los especímenes tipo V se observa un mejor comportamiento de la resistencia a compresión a los 28 días.



Resistencia del Adhesivo epóxico

6.6 ANEXO F. Certificado de calibración LF-015-2013

## Certificado de Calibración

Calibration Certificate

LF-015-2013

Laboratorio de Fuerza

Page 1 of 2

Página 1 de 2

<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	<b>WILFREDO RENAN FERNANDEZ MUÑOZ</b> URB. DOCENTES DE LA UNC MZ. H LOTE 3	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>Objeto</b> <i>Object</i>	<b>PRESA DE CONCRETO</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	<b>TAMIEQUIPOS LTDA.</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.
<b>Número de Serie</b> <i>Serial number</i>	<b>121</b>	Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.
<b>Tipo / Modelo</b> <i>Type / Model</i>	<b>TM-12</b>	This calibration certificate documents the traceability to national o international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).
<b>Rango de medición</b> <i>Measurement range</i>	<b>100000 kg</b>	The measurement are valid at the time of calibration. The applicant is responsible for arranging a recalibration in due course of time.
<b>Identificación</b> <i>Identification</i>	<b>NO INDICADO</b>	This calibration certificate can not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.
<b>Transductor / Indicador</b> <i>Transducer / Indicator</i>	<b>INDICADOR DIGITAL</b>	Calibration certificates without signature and seal are not valid.
<b>División de escala, d</b> <i>Actual scale interval, d</i>	<b>10 kg</b>	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial number</i>	<b>NO INDICA</b>	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	<b>2013-01-16</b>	
<b>Lugar de calibración</b> <i>calibration site</i>	<b>Laboratorio Del Solicitante</b>	
<b>Numero de Páginas</b> <i>Number of pages of the certificate</i>	<b>2</b>	
<b>Expediente</b> <i>Order N°</i>	<b>: 11295</b>	

Fecha

Date

2013-01-16

Jefe del laboratorio de calibración

Head of the calibration laboratory

JESUS QUINTO C.

Sello

Seal





## Certificado de Calibración

Calibration Certificate

LF-015-2013

Laboratorio de Fuerza

Page 2 of 2

Page 2 de 2

### Método de Calibración

Calibration method

La calibración se realizó según el método descrito en la norma ISO 7500-1/ISO 376 y PC-F-001, 2010.

Calibration was performed as described in the norma ISO 7500-1 / ISO 376 y PC-F-001, 2010.

### Trazabilidad

Traceability

Se utilizaron patrones calibrados con trazabilidad al SI, calibrado por la Universidad Católica del Perú

Modelo 200 tn , Serie N° 030 , y con Certificado N° INF-LE 314-12

### Resultados de medición

Measurement results

Lectura de la máquina (F)		Lectura del patrón			Promedio	Calculo de errores		Incertidumbre
		Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad	
%	kgF	kgf	kgf	kgf	kgf	q(%)	b(%)	U(%)
10	10000	9990	9990	9990	9990	0.1	0.0	0.24
20	20000	20040	20040	20040	20040	-0.2	0.0	0.24
30	30000	30120	30120	30120	30120	-0.4	0.0	0.24
40	40000	40150	40150	40150	40150	-0.4	0.0	0.24
50	50000	50080	50080	50080	50080	-0.2	0.0	0.24
60	60000	60090	60090	60090	60090	-0.1	0.0	0.24
70	70000	69950	69950	69950	69950	0.1	0.0	0.24
80	80000	79690	79690	79690	79690	0.4	0.0	0.24
90	90000	89990	89990	89990	89990	0.0	0.0	0.24
Lectura máquina en cero		0	0	0	---	0	0	Error máx. de cero(0)=0,00

Temperatura promedio durante los ensayos 15 °C

15 °C

Variación de temperatura en cada ensayo < 2 °C

### Evaluación de los resultados

Evaluation of results

Los errores encontrados entre el 20% y el 100% del rango nominal considerado no superan los valores máximos permitidos establecidos en la norma ISO 7500-1.

### Observaciones

Comments

De la evaluación de los resultados se puede concluir que el equipo se encuentra APTO PARA SU USO. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



Fin del documento

document order