

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DEL APORTE EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN ELEMENTO DE CONCRETO DE MAYOR $f'c$ A UNO DE MENOR $f'c$ UNIDOS MEDIANTE ADHESIVO EPÓXICO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

BACHILLER: MARÍA DEL CARMEN MARTÍNEZ ESCALANTE

ASESOR: Ing. JOSÉ LÁZARO LEZAMA LEIVA

Cajamarca - Perú

Diciembre, 2014

AGRADECIMIENTO

A todos los docentes, quienes colaboraron con mi formación, de manera muy especial al Ing. Héctor Pérez Loayza, por sus consejos, amistad y guía en la elaboración de este trabajo. Y al Ing. José Lezama Leiva, quien siempre inspiró en sus alumnos entrega por la carrera y me motivó a la lectura e investigación, con quien tengo el orgullo de contar como asesor.

Al Dr. Luis y a su esposa Marleny Sangay, por su constante ayuda y apoyo en la culminación de mi carrera y elaboración de este trabajo.

A María Fernanda, por su compañía, comprensión y paciencia.

A mis amigos Angel Miranda, Elías Morales, Segundo Castrejón, Emilio Rodríguez, por su amistad, aliento y apoyo durante la elaboración de éste trabajo.

A los técnicos y encargados de los Laboratorios de Ensayos de Materiales y Mecánica de Suelos por la oportuna ayuda y asistencia durante la fase de Pruebas.

María del Carmen

INDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
HIPÓTESIS	2
ALCANCES	3
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO, BASES TEÓRICAS Y ANTECEDENTES

I. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO	5
II. JUNTAS DE CONCRETO	7
III PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	12
Propiedades del Cemento	12
Propiedades de los adhesivos	13

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

MATERIALES UTILIZADOS	26
1. Cemento	26
2. Agua	26
3. Aditivo	27
4. Agregados	28
4.1 Ubicación y Descripción de la Cantera	28
4.2 Características de los Agregados	30
DISEÑO DE LA MEZCLA	41
1. Procedimiento realizado para la selección de la proporciones de la mezcla	42
2. Elaboración de las Mezclas de Prueba	45
DEFINICIÓN DE LOS ENSAYOS	48
1. Elaboración de Especímenes de Concreto para Pruebas a Compresión	51

1.1 Unidades de Estudio.....	51
1.2 Equipo y Herramientas.....	52
1.3 Confección de las Unidades de Estudio para las Series de Ensayo	55

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Ensayo de Resistencia a Corte por Compresión de Concreto Fresco Vaciado sobre Concreto Endurecido.....	65
2. Ensayo de Resistencia a Corte por Compresión de Concreto Endurecido sobre Concreto Endurecido.....	74

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ESPECIMENES DE CONCRETO FRESCO SOBRE CONCRETO ENDURECIDO	76
ESPECIMENES DE CONCRETO ENDURECIDO SOBRE CONCRETO ENDURECIDO	77

BIBLIOGRAFÍA.....	78
--------------------------	-----------

ANEXOS

ANEXO 01	76
-----------------------	-----------

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Características de los compuestos del cemento	13
Tabla 3.1. Tipo de Investigación.....	28
Tabla 3.2. Propiedades del Puente de adherencia.....	31
Tabla 3.3. Volumen Unitario de Agua, tabla realizada por Comité ACI 211	49
Tabla 3.4.- Valores de Diseño Concreto 175kg/Cm ²	51
Tabla 3.5.- Valores de Diseño Concreto 210 kg/Cm ²	51
Tabla 3.6.- Valores de Diseño Concreto 280 kg/Cm ²	52
Tabla 3.7.- Valores de Diseño Concreto 350 kg/Cm ²	52
Tabla 3.8. Factores de Corrección por Esbeltez	66
Tabla 4.1. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes.....	71
Tabla 4.1a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación.....	71
Tabla 4.2. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes	72
Tabla 4.2a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación	73
Tabla 4.3. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes	73
Tabla 4.3a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación	74
Tabla 4.4. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes	76
Tabla 4.4a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación	76
Tabla 4.5. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes	77
Tabla 4.5 a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación	78
Tabla 4.6. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes.....	79
Tabla 4.6 a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación	80
Tabla 4.7. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes.....	80
Tabla 4.7 a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación.....	81
Tabla 4.8. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes	81
Tabla 4.8 a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación	82
Tabla 4.9. Tabla de Frecuencias.....	85

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ensayos de tracción, tracción por hendimiento y corte.....	8
Figura 2.2. Relación entre el coeficiente del esfuerzo de compresión y la fuerza de corte puro, y el ángulo de la interfaz entre hormigones.....	10
Figura 2.3. Esquema básico de la unión adhesiva.....	16
Figura 2.4. Esfuerzos Requeridos en Uniones Adhesivas.....	10
Figura 2.5. Variación de la resistencia de la unión adhesiva incrementando Anchura y longitud de solapamiento.....	20
Figura 2.6. Variación de la resistencia de la unión adhesiva frente al Solapamiento para diferentes grosores.	20
Figura 3.1 Cemento Tipo I usado para el diseño de especímenes.	29
Figura 3.2 Adhesivo Epóxico Usado para unir las juntas.....	30
Fig. 3.3 Ubicación de la cantera. Google Earth 2012.	32
Fig. 3.4. Proceso de Separación del Agregado	33
Fig. 3.5 Trabajadores de la Cantera tamizan el Agregado Grueso, según el requerimiento	34
Fig. 3.6. Molde de PVC y Dimensiones	35
Fig. 3.7. Procedimiento para hallar el Peso Específico.....	38
Fig. 3.8 Lavado de la Muestra para la Posterior Determinación del Peso	39
Fig. 3.9. Tamizado de la muestra.....	40
Fig. 3.10. Muestra de ensayo dentro del cilindro de la Máquina de los Ángeles	45
Fig. 3.11 Especímenes de las Mezclas de Prueba (Concreto Monolítico)	51
Figura 3.12. Tipos de falla en probetas de concreto.....	53
Figura 3.13. Esfuerzos actuantes en Especímen	53
Figura 3.14. Esfuerzos actuantes en Plano de Junta	54
Figura 3.15. Diagrama de Esfuerzos en el Plano	55
Figura 3.16 Medidas de Probeta.	56
Figura 3.17. Plano de Unión	56
Fig. 3.18. Elaboración de una tanda de concreto.....	58
Fig. 3.19. Elaboración de una tanda de concreto.....	58
Fig. 3.20. Elaboración de una tanda de concreto.....	59

Fig. 3.19 Elaboración de Especímenes de Prueba	61
Fig. 3.20 Superficie Rugosa de Cara en Contacto luego de desmoldar los especímenes	61
Fig. 3.21 Curado de Probetas	62
Fig. 3.22. Preparación del Epóxico	63
Fig. 3.23 Aplicación Epóxico	64
Fig. 3.24 Encofrado de Probetas	64
Fig. 3.25 Enumeración de Especímenes.....	65
Fig. 3.26 Especímenes Enumerados.....	65
Fig. 3.27 Medida de especímenes, 3 alturas y 2 diámetros.	67
Fig. 3.28 Probeta Típica para Ensayo.....	68
Fig. 3.29. Ensaye de especímenes - Máquina de ensayos.	69
Fig.4.1 Falla típica Tipo D.....	75
Fig. 4.2 Caras de la fractura de Espécimen.....	75
Fig. 4.3 Falla Típica de Probeta de Concreto Endurecido + C. Fresco unidos Mediante Adhesivo Epóxico	77
Fig. 4.4 Falla Típica de Espécimen de Concretos de distintas Resistencias Unida Mediante Adhesivo Epóxico	78
Fig. 4.5 Esfuerzo – Deformación Probeta N° 8.....	79
Fig. 4.6 Desviación Estándar contrastada con Resultados agrupados	85

RESUMEN

En el trabajo titulado "EVALUACIÓN DEL APORTE EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN ELEMENTO DE CONCRETO DE MAYOR $f'c$ A UNO DE MENOR $f'c$ UNIDOS MEDIANTE ADHESIVO EPÓXICO", se examinó la resistencia a compresión de una unidad constituida por dos concretos de diferentes $f'c$, unidos mediante Sikadur 32 gel como puente de adherencia, para lograr que sea monolítica. Estas unidades fueron obtenidas en laboratorio, las cuales se sometieron a esfuerzos de corte y cizallamiento, de acuerdo a la Norma ASTM C882, las resistencias mecánicas que se trabajaron fueron de 175 kg/cm^2 a 210 kg/cm^2 , 210 kg/cm^2 a 280 kg/cm^2 de esta manera se imitó un caso en el cual un elemento estructural puede compensar su déficit de resistencia a compresión adicionando un concreto de mayor $f'c$, unido mediante adhesivo epóxico; y se elaboraron de dos maneras: concreto fresco sobre concreto endurecido, y concreto endurecido sobre concreto endurecido. También se elaboraron especímenes concreto fresco sobre concreto endurecido sin aplicar adhesivo en la junta. Se obtuvo un incremento mayor al 12% con respecto a la resistencia del concreto menos favorecido, para los casos de concreto fresco sobre concreto endurecido en donde se usó puente de adherencia; sin embargo en los que sólo existía junta fría se verificó un decremento de 15% a 25% con respecto al de menor resistencia a compresión $f'c$.

CAPITULO I. INTRODUCCION

1.1. INTRODUCCION

Es tan extenso el bagaje de posibilidades de disertación, inquietudes y profundización que puede tener el campo de tecnología del concreto; así como apasionante el camino a través del cual van respondiéndose algunas dudas a su entorno y apareciendo otras tantas preguntas motivo de nuevos hallazgos, por lo que ésta investigación está dedicada a este material que se puede considerar como uno de los más usados en la industria de la construcción.

Tan deseable es la resistencia como la durabilidad de las estructuras de concreto, características que deben permanecer inherentes satisfactoriamente en la estructura, a lo largo de todo su tiempo de servicio. Es ideal que toda estructura de concreto debiese de actuar en forma monolítica, por lo que en el proceso de construcción se debiese tomar precauciones para mantener continuidad en las faenas y seguir las indicaciones en los tratamientos para las juntas; además de dar por sentado que la elaboración del concreto para obra debe corresponder al diseño de mezcla.

En Cajamarca, se han visto incrementadas las obras de construcción nuevas o segundas etapas de estructuras antiguas, en algunos casos; en los que para no optar por la demolición de las estructuras, se ha planteado como solución, la adición de un concreto de mayor resistencia, que irá unido al concreto existente (para contrarrestar la menor resistencia); sin embargo, ¿es válido?, en el contexto en el que se busca que todas las obras de ingeniería sigan teniendo la funcionalidad con la que fueron concebidas, siempre y cuando se compruebe que la reparación a darle a un elemento de la estructura, utilizando adhesivo epóxico sea eficaz y ventajosa respecto a la demolición y nueva construcción.

La necesidad de una prueba científica de que se está operando correctamente, es lo que motiva ésta investigación. Además en éstas obras, por lo tanto, se necesita una adecuada adhesión entre un concreto existente y otro nuevo de mayor resistencia, para lo cual se usa un puente de adherencia el cual puede ser a base de resinas epóxicas.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día, uno de los materiales más empleados en estructuras es el concreto, por lo cual es común que nos encontremos en una obra donde éste sea el material predominante, pero qué hacemos frente a los siguientes hechos:

El primero: una estructura recién vaciada (una construcción nueva) no alcanza la resistencia para la cual fue diseñada, el $f'c$ del concreto es menor al esperado;

Segundo: una estructura antigua, el concreto ha sido expuesto, como es inevitable, a factores de intemperismo que degradan sus propiedades y menoscaban su resistencia. En los dos casos, al realizar respectivamente pruebas para verificar el $f'c$ se descubre que éste es menor al que debería tener la estructura para lograr un buen desempeño.

Muchas veces, se ha planteado como solución, la adición de un concreto de mayor resistencia, que irá unido al concreto existente, necesitamos una prueba para verificar que esto es efectivo, ya que no se ha investigado acerca del tema.

En nuestra ciudad se vienen realizando diversos trabajos de ingeniería para devolver la vida útil a las estructuras antiguas sin tener la seguridad en cuanto beneficiará realmente; en los que se ha usado este aditivo con la “certeza” de su efectividad en cuanto a unión; este trabajo plantea verificar tal efectividad así como su aporte a la nueva resistencia de todo el elemento que ha unido (concreto fresco con concreto envejecido) debido a la falta de estudios acerca de la validez del empleo de un concreto nuevo de mayor resistencia a la compresión; a un elemento viejo, desgastado o de un concreto de inferior $f'c$ a lo esperado para que la estructura pueda ofrecer las condiciones óptimas de servicio para el que fue diseñado.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

¿Qué aporte en la resistencia a compresión brinda un elemento de concreto de mayor $f'c$ a uno de menor $f'c$, unidos mediante adhesivo epóxico?

1.4. HIPOTESIS

“Un elemento de concreto unido mediante adhesivo epóxico a otro de menor resistencia a compresión, incrementa la resistencia de éste último, en un porcentaje mayor a 10%

1.5. JUSTIFICACION

El concreto, por ser un material ampliamente usado en nuestro entorno, debido a su accesibilidad, manejo difundido, ejerce gran importancia en la industria de la construcción, por lo que se debe estudiar las maneras de mantener su funcionalidad y/o reparar deficiencias en una de sus características más saltantes, su Resistencia a Compresión.

Este trabajo es de mucha importancia, ya que pretende cuantificar la contribución de un concreto de mayor $f'c$ unido a una estructura de concreto, mediante adhesivo epóxico; como método de reparación que se han desarrollado en algunas obras, sin la prueba científica de su eficacia, la insuficiencia de ésta, no nos permite tener la evidencia que se está operando correctamente, es lo que motiva ésta investigación.

El presente estudio explora un tema de Tecnología de Concreto, se convertirá en un recurso bibliográfico para la comunidad científica, así como los involucrados en la industria de la construcción, profesionales, empresas, proyectistas, consultores, maestros de obra, etc, porque está orientada a verificar un método de incremento de $f'c$ a estructuras frescas o consolidadas, como método de reparación y aporte en la resistencia a compresión.

Esta investigación tiene implicaciones prácticas y reales, que permitirán usarlo como recomendación, cuando la estructura de concreto así lo requiera.

1.6. ALCANCES

La presente investigación muestra un estudio en donde se realizan pruebas de laboratorio para comprobar el aporte de resistencia de un concreto con mayor f_c unido a un concreto de menor f_c , usando adhesivo epóxico para lograr que este elemento se comporte como un todo en conjunto. Se pretende evaluar el aporte que le brinda un elemento de mayor resistencia a compresión a un elemento de menor resistencia, mediante pruebas de laboratorio.

Dichas pruebas están enmarcadas por los lineamientos de la norma ASTM C-881 (Especificaciones para sistemas de adherencia para concreto a base de resinas epóxicas). Y La elaboración de los prismas de prueba está especificada en la norma ASTM C-882, (Método estándar de la prueba para la fuerza de adherencia en los sistemas epóxicos a base de resina usados con concreto). Las pruebas se basan en la Norma ASTM C882, que evalúan especímenes formados por concreto de distintas resistencias unidos en junta inclinada a 60° con respecto a la horizontal

La investigación se llevará a cabo en la ciudad de Cajamarca, utilizando los materiales disponibles de la zona y alrededores

1.7. OBJETIVOS

Objetivo General:

a. Evaluar el aporte de un elemento de concreto con mayor resistencia a compresión unido a otro de menor resistencia a compresión.

Objetivos Específicos:

- a. Describir el comportamiento de un elemento unido mediante adhesivo epóxico
- b. Analizar los resultados y características de las pruebas a compresión de los especímenes.
- c. Comparar los resultados de los ensayos a compresión de concreto de distintas f_c unidos con adhesivo epóxico, con los resultados de los ensayos de un concreto de una misma resistencia
- d. Proponer este método como reparación de algunas estructuras.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

La aplicación de aditivos para el concreto se ha incrementado en nuestra ciudad en los últimos años, debido al aumento de construcciones que han venido desarrollándose; también la reparación y mantenimiento de estructuras, en este contexto, se ha visto necesario devolverles vida útil a estructuras que se han visto afectadas por la pérdida de su capacidad portante.

Sin embargo no todos los aportes de los aditivos, en este caso de adhesión de concreto; se han investigado sumado al poco interés en la innovación tecnológica en esta área.

Es ideal que las estructuras de concreto sean monolíticas sin embargo, muchas veces la construcción de las estructuras, hace necesaria alguna interrupción de corto o largo plazo, en donde se genera una junta.; la que debe ser capaz de transferir los esfuerzos de corte, tracción a través de la interfaz entre los hormigones que conforman el elemento vaciado en dos etapas. Como mínimo, las juntas deben permitir el desarrollo de resistencias de corte y tracción que superen los niveles de solicitaciones a las que se verá sometido e idealmente su resistencia debiese corresponder a la del concreto circundante.

2.1. ANTECEDENTES TEORICOS

2.2.1. ESTUDIOS ACERCA DE LAS JUNTAS DE CONCRETO.

La eficacia de la unión por adhesivos es aún incertidumbre por el momento, mientras se carezca de algún método adecuado no destructivo para probar una unión hecha con adhesivo en aplicaciones estructurales, en plena carga de servicio.

Por otro lado, las juntas donde se aplican [Rodríguez, JP. 2012] deben ser capaces de transferir los esfuerzos de corte y tracción a través de la interfaz entre los concretos que conforman el elemento estructural hormigonado en dos etapas. Como mínimo, las juntas deben permitir el desarrollo de resistencias de corte y

tracción que superen los niveles de solicitaciones a las que se verá sometido e idealmente su resistencia debiese corresponder a la del concreto adyacente.

Las juntas de hormigonado preparadas de manera deficiente, pueden originar 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. Por lo general, se consideran como juntas de hormigonado defectuosas aquellas donde existe presencia de lechada superficial en el hormigón fraguado, presencia de partículas inertes de polvo en la superficie de unión, segregación del hormigón de la segunda etapa y cuando hay una dosificación o compactación inadecuada.

Según concluye Rodríguez JP. [2012]; la preparación de la superficie de contacto, dejando partículas del árido descubierto en ese plano y generando una rugosidad de aproximadamente 6 [mm] antes de colocar el concreto de la segunda etapa es un factor determinante para asegurar el monolitismo y la impermeabilidad del elemento. La aplicación de chorro de agua a presión en el periodo inicial de endurecimiento del hormigón y chorro de arena después de endurecido sobre la superficie de contacto son unos tratamientos habitualmente calificados como óptimos para lograr una buena rugosidad de superficie y asegurar la continuidad monolítica.

Sin embargo, la aplicación de este tipo de tratamientos involucra tiempo en la ejecución de los trabajos dentro de las obras especialmente en los casos industriales donde la envergadura de las estructuras hace necesario vaciar grandes volúmenes de hormigón. La búsqueda de mayor vigencia de las estructuras lleva a estudiar nuevas soluciones constructivas para lograr una mayor eficiencia a la hora de construir las juntas frías de hormigonado. En el presente trabajo se analizó la eficacia en cuanto a la resistencia al corte del conjunto en el que se presenta juntas frías, así como en las que se aplicó adhesivo en la superficie de contacto. Particularmente en las juntas se utilizó una malla metálica galvanizada como elemento contenedor del hormigón en el plano de interrupción del vaciado, para obtener superficie rugosa.

De acuerdo al ACI 318-08, el esfuerzo de corte nominal que resiste el hormigón puesto sobre hormigón endurecido viene dado por:

$$V_n = A_{vf} f_y \mu \dots\dots\dots Ec.2.1$$

Donde A_{vf} y f_y , corresponden al área y a la tensión de fluencia de las barras de refuerzo en la junta y el coeficiente de fricción μ que viene dado por lo siguiente:

- 1.4 μ Para hormigón colocado monolíticamente.
- 1.0 μ Para hormigón colocado sobre hormigón endurecido con la superficie intencionalmente rugosa.
- 0.6 μ Para hormigón colocado sobre hormigón endurecido con la superficie no intencionalmente rugosa.
- 0.7 μ Para hormigón anclado a acero estructural mediante pernos con cabeza o mediante barras de refuerzo.

[Neeley et Spotswood Poole, 1996] Estudiaron distintos métodos de preparación de juntas horizontales para concretos masivos donde variaron el tipo de tratamiento aplicado a la superficie del hormigón inferior y la condición de humedad a la que se sometió previo a la colocación el hormigón superior. Para esto tomaron testigos cilíndricos de manera perpendicular al plano de la junta horizontal de bloques de 1,83 x 0,53 (m) de sección y dos capas de hormigón de 0,45 (m) y 0,30 (m) respectivamente los que sometieron a ensayos de tensión directa, corte y permeabilidad. Como tratamientos utilizaron el chorro de agua a presión, chorro de aire con agua o simplemente no utilizaron tratamiento y como condición de humedad se mantuvo la superficie húmeda hasta colocar el concreto de la segunda capa, se dejó secar por 24 horas y se humedeció justo antes de colocar el concreto.

Como conclusiones de su trabajo se destaca que para lograr una buena adhesión de la junta de hormigonado se necesita limpiar la superficie con chorro de agua a presión o con chorro de aire con agua y que la superficie se encuentra correctamente limpia cuando se ha removido la lechada superficial y las partículas de los áridos quedan visibles. Con respecto a la humedad de la superficie se concluyó que se obtiene un mejor resultado cuando se ha dejado secar la superficie por 24 horas antes de colocar el nuevo hormigón y cuando se mojó la superficie inmediatamente antes de la colocación del hormigón de la segunda etapa se obtuvo mejores resultados que cuando esta se mantuvo húmeda.

2.2.2. ANTECEDENTES SOBRE LOS METODOS DE ENSAYO

Numerosos trabajos se han realizado para estudiar la unión entre hormigones utilizando distintos métodos. La mayoría de los métodos tiene como principio la tracción directa, tracción indirecta o el esfuerzo de corte en especímenes donde se unen dos cuerpos mediante la aplicación de algún tipo de adhesivo.

En la Figura 01 a) se somete a la probeta a una tensión perpendicular al plano de la junta. Este método de ensayo no ha recibido gran aceptación debido a la imposibilidad de fijar ambos extremos de la probeta sin generar excentricidad. El ensayo de hendimiento mostrado en b) donde la carga se aplica paralela al plano de la junta a pesar de ser simple de practicar que el de tensión directa no es muy usado para las juntas de hormigón - hormigón. Ambos métodos se basan en la tracción del hormigón como el criterio de falla. El ensayo del esfuerzo de corte se muestra en la Figura 1.1 c) donde se tiene dos secciones iguales que se unen utilizando algún método 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 los hormigones.

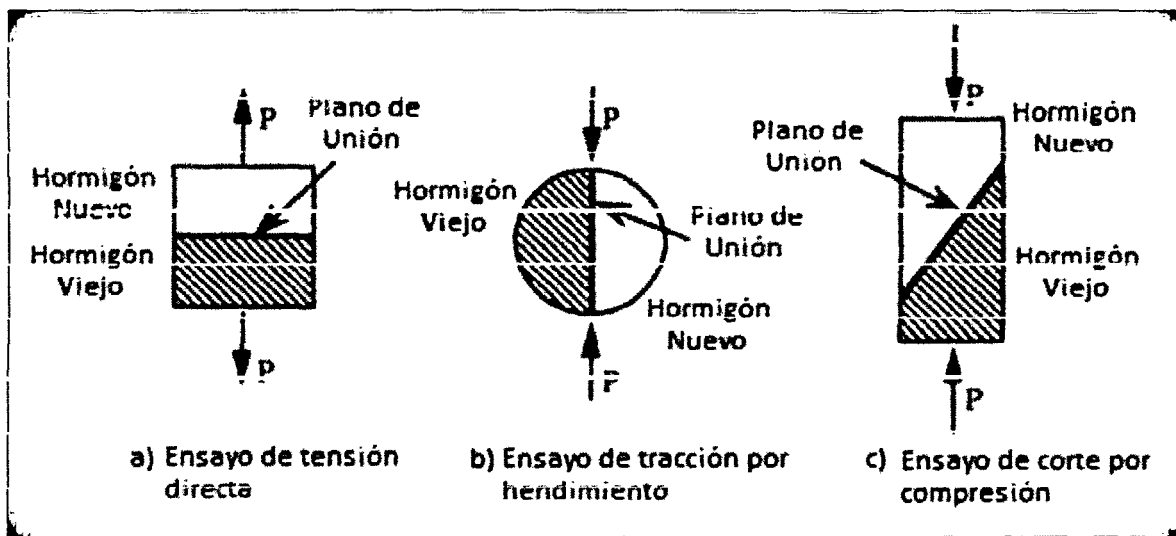


Figura 2.1. Ensayos de tracción, tracción por hendimiento y corte.

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

Wall y Shrive [1988] 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 real lo que sucede en la realidad.

Austin y Robins [1999] demostraron que existen ciertas deficiencias con este tipo de ensayo. Primero que la falla depende fundamentalmente del ángulo en que esté la interface. Generalmente se usa un ángulo de 30° según los estándares del ensayo, que de aumentar su valor incrementará la tensión de compresión ya que la influencia de la componente de compresión aumenta en el plano de la unión.

Segundo, el ensayo es relativamente insensible a la preparación y rugosidad de la superficie. Austin y Robins muestran que al cambiar la superficie de lisa a rugosa tuvo una gran influencia en los resultados, pero al cambiar la rugosidad por distintos métodos no varió los resultados de forma notoria, sus resultados muestran que la resistencia de la junta crece al doble después de cambiar la superficie de lisa a rugosa, pero al cambiar la rugosidad de relativamente rugosa a altamente rugosa no cambio de gran forma los resultados. Mas aun, sus estudios demuestran que el incremento de la rugosidad de la superficie de contacto puede cambiar la forma de falla de la probeta.

Al existir una componente de compresión en la interfaz entre los hormigones gana más fricción y una trabazón producida por la rugosidad de la superficie. Por esto, la influencia de la fuerza de compresión en la junta es mayor que la influencia de la preparación de la superficie al menos que la superficie esté lisa.

Así el "Slant Shear test" produce una componente de compresión y genera una mayor unión en la interfaz, de esta forma aunque las partes no estuviesen unidas, el ensayo mostraría cierta resistencia de la junta.

Austin y Robins representan la relación entre el ángulo y el coeficiente del esfuerzo de compresión σ y la fuerza de corte puro (Figura 2. 3). El gráfico

muestra que el ángulo de 30° recomendado por la ASTM C882 está cerca del valor mínimo de carga necesaria para lograr la falla para las superficies lisas. Pero, mientras más rugosa es la superficie, se hace necesario aplicar mayor carga para lograr la falla para el mismo ángulo. A mayor rugosidad de superficie mayor carga será necesaria para lograr la falla de la superficie.

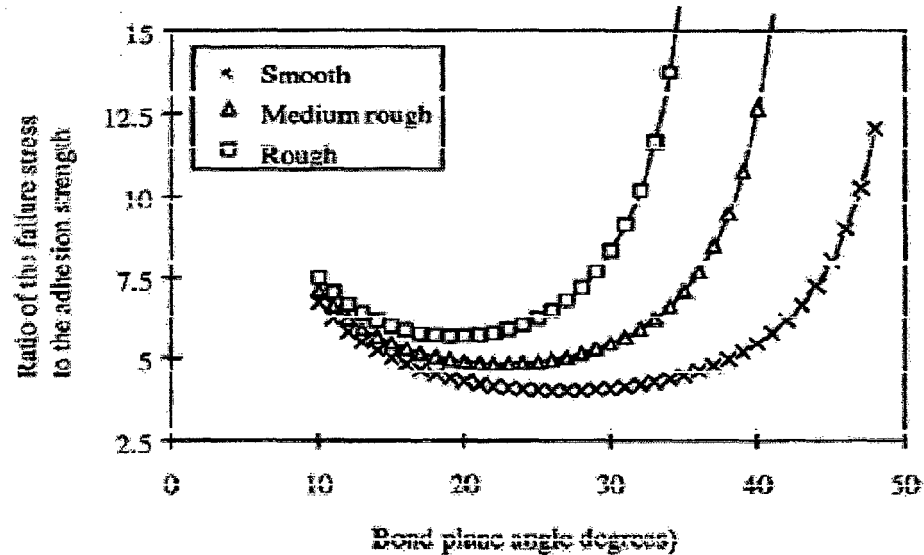


Figura 2.2. Relación entre el coeficiente del esfuerzo de compresión y la fuerza de corte puro, y el ángulo de la interfaz entre hormigones.

En ésta investigación, se buscó determinar la eficacia de la transferencia de esfuerzos al aplicar un puente de adherencia epóxico sobre la superficie de contacto entre los concretos.

El tratamiento previo a ésta aplicación consistió en la instalación de una doble malla de gallinero como elemento contenedor del hormigón en el plano de interrupción del hormigonado. Así, gracias a la presencia de aberturas en la malla metálica se permitió generar una rugosidad de superficie adecuada debido a la penetración parcial del árido grueso a través de estas. Esta rugosidad de superficie debió ser lo bastante profunda para obtener una ligazón mecánica entre los hormigones lo que daría una mejor transferencia de los esfuerzos de corte y tracción a través de la junta fría de hormigonado.

Mediante la generación de la superficie de contacto con la aplicación de la malla metálica se espera obtener resistencia al corte similar a la que se obtendría con un tratamiento de picado.

Se utilizó un puente de adherencia existente en el mercado típicamente usado en obra con el fin de replicar de manera más exacta las condiciones con que se materializan las juntas de hormigonado en la práctica.

Se aplicó 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.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO.

El comportamiento y las propiedades del concreto, en sus estados fresco y endurecido, suelen ser influidos y modificados por diversos factores intrínsecos y extrínsecos. Los intrínsecos se relacionan esencialmente con las características, los componentes y las cantidades en que éstos se diseñan para elaborarlo. En cuanto a los extrínsecos, pueden citarse principalmente las condiciones ambientales que prevalecen durante la elaboración y colocación del concreto, las prácticas constructivas que se emplean en todo el proceso desde su elaboración hasta el curado, y las condiciones de exposición y servicio a la que permanece sujeta la estructura durante su vida útil. [CFE Comisión Federal de Electricidad. 2002. Manual de Tecnología de Concreto, Volumen 1. Ed Limusa. México]

Siendo el productor de concreto capaz de manejar sólo algunos de éstos factores, tales como, lo referente a la elección de los materiales, propiedades individuales, las prácticas constructivas para la elaboración del concreto en sí (lo que involucra más aspectos en los cuales se debe tener cuidado minucioso para tener la "certeza" de que se lo controla, como la fuerza de compactación, la temperatura de curado, etc.). Sin embargo existen otros factores sobre los cuales no se pueden tener el total control ni manipulación, como los factores climáticos y de medio ambiente y a las condiciones de exposición y servicio.

La resistencia del concreto es comúnmente considerada como la característica más valiosa aunque en muchos casos son otras, como la durabilidad, impermeabilidad y estabilidad de volumen, las que pueden ser importantes. Sin embargo, la resistencia suele dar un panorama general de la calidad del concreto, por estar directamente relacionada con la estructura de la pasta del cemento. [CFE, 2002]

Cuando el concreto se endurece, requiere de una resistencia a compresión satisfactoria, siempre se hacen especificaciones, en cuanto a la resistencia pues es fácil de medir, por lo que el cumplimiento de estas especificaciones se hacen obligaciones contractuales. [Neville, A. y Brooks, J. 1998. Tecnología de Concreto. Trillas. 1. Ed. México]

Conviene notar que el uso de la resistencia mecánica del concreto como indicador de su capacidad para brindar un óptimo e invariable servicio, no es cabalmente correcto, ya que depende de las condiciones en que trabaja la estructura y pueden ser más significativas otras propiedades y características del concreto.

En lo que corresponde a la resistencia mecánica, lo usual es que la calidad del concreto endurecido se acredite por su capacidad para resistir esfuerzos de compresión, eventualmente de tensión. Por cuanto se refiere a la durabilidad del concreto, su adecuación resulta más compleja e imprecisa pues debe hacer frente a la posibilidad de numerosas condiciones de exposición y servicio, que suelen ameritar la adopción de diferentes medidas de prevención y/o protección, de cuya eficacia no siempre existe plena seguridad.

Para la C.F.E. [2002]. La porosidad de la pasta hidratada de cemento, así como las microfracturas son difíciles de cuantificar de manera útil, por lo que es necesario recurrir a un estudio empírico de los efectos de diversos factores en la resistencia del concreto. De hecho, se verá que el factor primordial es la relación agua/cemento; las demás proporciones de la mezcla serán de importancia secundaria.

Por su naturaleza las acciones detrimentales derivadas de las condiciones de exposición y servicio en que operan las estructuras de concreto, pueden ser identificadas como físicas, químicas o biológicas, si bien es frecuente que estas acciones no obren aisladamente, de modo que su manifestación detrimental en el concreto puede corresponder a una suma de efectos de diferente origen; lo cual

debe tenerse en cuenta cuando se investiga el deterioro de una estructura de concreto, cuyo origen se requiere determinar.

2.2.1.1. PROPIEDADES DEL CEMENTO:

El concreto una vez fraguado comienza a endurecer conforme a un proceso continuo que puede durar mucho tiempo. Se plantea así la interrogante en cuanto al lapso que debe transcurrir para considerarlo en estado endurecido, dada la imprecisión para definir el término de la etapa de endurecimiento y la prolongada duración de ésta. (Ref. Federación)

Las propiedades físicas y mecánicas del cemento portland permiten conocer algunos de sus aspectos como material cementante

Tabla 2.1. Características de los compuestos del cemento

PROPIEDAD	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Resistencia	Buena	Buena	Pobre	Pobre
Intensidad de Reacción	Media	Lenta	Rápida	Rápida
Calor Desarrollado	Medio	Pequeño	Grande	Pequeño
Resistencia a los Sulfatos	Buena	Buena	Pobre	Media

Fuente: Sánchez de Guzmán, D. Tecnología del Concreto y del Mortero. 2001

El cemento usado fue cemento Tipo I, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de clínker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado. Para uso en obras de concreto y concreto armado en general, estructuras que requieran un rápido desencofrado, concreto en clima frío, productos prefabricados, pavimentos y cimentaciones, etc.

2.2.2. CARACTERISTICAS DE LOS ADHESIVOS:

El uso de los adhesivos se remonta a tiempos muy antiguos, por la necesidad de unir diferentes tipos de materiales, desde los asirios que utilizaban la brea como elemento de unión, hasta 1983 en que Goodyear descubre los adhesivos latex para unir directamente el caucho al metal.

Estrictamente hablando se puede decir que la adhesión es una medida de las fuerzas atractivas que mantienen unidas íntimamente dos superficies. [Paz Abuín,2010]

De acuerdo con esta definición está claro que si aumentan las fuerzas de atracción, también lo debería hacer el valor de la adhesión en la misma dirección. En el caso de superficies sólidas, en este caso el concreto sería difícil alcanzar un área de contacto razonable entre ambas superficies; sin embargo, un líquido, una resina capaz de mojar ambas superficies puede rellenar todas las irregularidades y formar una nueva superficie libre de irregularidad; esta resina ha de mantener unidas ambas superficies a través de una unión adhesiva/cohesiva. Este resina, tanto en su estado inicial como cuando se convierte en un sólido, recibe el nombre de adhesivo. Y puede ser usada como método de tratamiento a elementos de concreto que han sufrido desgaste; o luego de las pruebas se verifique que su resistencia ha disminuido considerablemente, podemos unirlo a un concreto fresco que le aportará resistencia.

Existen 2 tipos de adhesivos, los adhesivos látex y los adhesivos epóxicos.

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

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

determinadas como la aplicación bajo agua o resistencia a bajas temperaturas y en especial la rapidez en el pegado.

Los epoxis empleados en aplicaciones estructurales deben ser curados a temperaturas altas o a temperatura ambiente con post-curado por calor. La ventaja del post-curado como operación independiente, incluso en el caso de juntas ya curadas con temperatura moderada, es que puede ser realizado sin el uso de sistemas de sujeción o sistemas de calentamiento con prensas hidráulicas.

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

Se clasifican por sus aplicaciones en:

a) PUENTES DE ADHERENCIA

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

b) ANCLAJES Y REPARACIONES

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

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



Figura 2.3. Esquema básico de la unión adhesiva

Cuando se diseña una unión adhesiva se pretende que la rotura no sea en ningún caso adhesivo, es decir, que la separación nunca se produzca en la interfase sustrato-adhesivo. Los modos de rotura adhesiva no son nunca predecibles, puesto que la magnitud de la fuerza de adhesión, depende de un gran número de factores rara vez controlables en su totalidad. Por el contrario, sí se pueden conocer las características mecánicas del adhesivo y, por tanto, se pueden predecir las cargas a la rotura en modo cohesivo bajo diferentes tipos de esfuerzos. Una de las clasificaciones más empleadas se basa en el mecanismo de formación de la junta adhesiva. Así, se pueden distinguir dos grandes grupos de adhesivos.

También se clasifican por el mecanismo de junta, en:

a) ADHESIVOS PREPOLIMERIZADOS

Es decir, aquéllos cuyo polímero ya existía antes de ser aplicado el adhesivo sobre la unión, y adhesivos reactivos. Estos últimos se caracterizan porque el adhesivo en estado líquido, viscoso, gel, etc. se halla constituido por monómeros o cadenas oligómeras que polimerizan y/o se entrecruzan durante el proceso de polimerización que ocurre cuando tal adhesivo se ubica entre los sustratos a unir.

Dentro de estos grandes grupos se definen diversas subclases:

- Adhesivos Prepolimerizados En Fase Líquida:
 - i) Soluciones acuosas como los cementos, las colas o el almidón
 - ii) Soluciones orgánicas como el caucho natural
 - iii) Emulsiones o líquidas como los adhesivos en base a PVC

- Adhesivos Prepolimerizados En Fase Sólida:

i) Adhesivos piezosensibles como los adhesivos de contacto o las cintas adhesivas.

ii) Adhesivos termofusibles o fusiones candentes.

b) ADHESIVOS REACTIVOS:

- Que curan mediante poliadición como los cianoacrilatos, los anaeróbicos o los acrílicos

- b) Que curan mediante policondensación como los epoxis o las siliconas

Los principios de la adhesión son comunes a todas las familias adhesivas. Sin embargo, sólo los adhesivos reactivos son capaces de dar soluciones fiables a los problemas de ingeniería.

Es importante conocer en detalle el proceso de formación de la unión adhesiva. Básicamente, los adhesivos y selladores químicos deben ser sustancias con propiedades muy específicas antes y después de realizar la unión:

Antes de la unión el adhesivo/sellador debe ser capaz de copiar la superficie de los materiales a unir o sellar entrando en íntimo contacto con ellas, es decir, debe cubrir incluso las microcavidades para mojar toda la superficie sobre la que se aplique.

Después de la unión el adhesivo/sellador debe mantener los sustratos unidos y/o funcionar como barrera químico-física para prevenir el ingreso o la fuga de líquidos, gases o contaminantes.

Los fenómenos que tienen lugar antes de que el adhesivo cure, es decir, antes de la unión tienen un efecto directo sobre las interfases adhesivas de la unión. La adhesión es un fenómeno superficial que precisa un contacto íntimo entre las fases involucradas. Los factores que entran en juego en esta fase preliminar son dos:

- La relación entre la tensión superficial del adhesivo y la energía superficial del sustrato.

- Las propiedades reológicas del adhesivo antes de curar.

Mecanismos físicos: sucede en los denominados adhesivos prepolimerizados.

- Evaporación de un vehículo o solvente que emulsiona o disuelve la base del adhesivo.
- Paso desde un estado fluido a temperaturas elevadas a un estado sólido a temperatura ambiente.
- Mecanismos combinados: como ciertas fusiones candentes que se preaplican sobre los sustratos como adhesivos en base solvente

2.2.3. DISEÑO Y EVALUACIÓN DE LAS UNIONES ADHESIVAS

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

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

En la práctica, esto quiere decir que la naturaleza y la magnitud de las tensiones que se esperan durante el servicio de la unión deben conocerse antes de decidir el tipo de adhesivo que se debe emplear. Los esfuerzos mecánicos actúan sobre los conjuntos ensamblados como esfuerzos de tracción, de compresión, de flexión, de torsión y de cortadura, provocando así las tensiones. Aun así, las tensiones no aparecen únicamente como consecuencia directa de transmitir fuerzas o energías, sino que también se pueden dar por la aparición de fenómenos secundarios que acompañan a los cambios de temperatura.

Esquemáticamente, podemos hablar de los siguientes tipos de requerimientos sobre las uniones adhesivas:

- Esfuerzos normales: de tracción y de compresión.

- Esfuerzos de cortadura o cizalla.
- Esfuerzos de desgarro.
- Esfuerzos de pelado.

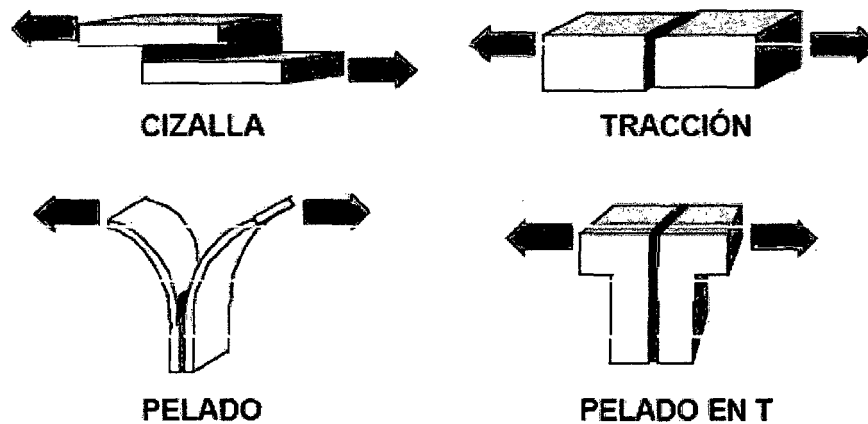


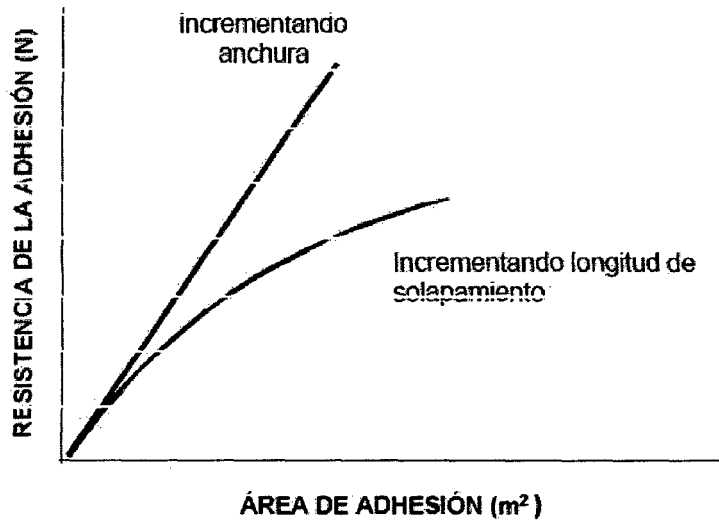
Figura 2.4. Esfuerzos Requeridos en Uniones Adhesivas

Para conseguir uniones adheridas correctas hay que plantear durante la etapa de diseño un trazado que evite en lo posible esfuerzos que no sean de tracción o de cortadura en las uniones adhesivas. Un paso extremadamente importante durante el proceso de diseño de la junta adhesiva es establecer los requisitos de la aplicación. Propiedades como la resistencia a cortadura, la resistencia a impacto, la pérdida de resistencia por envejecimiento térmico, las tolerancias de montaje (holguras), la resistencia a la humedad, a nieblas salinas y a disolventes, los tiempos de manipulación requeridos y los límites aceptables para cualquiera de tales pruebas son ejemplos de características que deben ser especificadas. Lo ideal es describir o identificar de forma fácilmente comprensible los métodos de prueba empleados para determinar las propiedades de la adhesión y del adhesivo a emplear, como hacen por ejemplo los ensayos normalizados en la Norma ASTM la cual es aplicada en la presente investigación.

Tanto el diseño como la elección del adhesivo deben acomodarse a la aplicación, evitando en la medida de lo posible juntas adhesivas sobredimensionadas, que suelen encarecer de forma desproporcionada e innecesaria los costes de montaje. Los factores geométricos que se consideran en primer lugar son la anchura de la adhesión, la longitud de solapamiento y los espesores de adhesivo y sustratos. La resistencia a cortadura es directamente proporcional a la anchura de solapamiento. Sin embargo, la relación entre longitud de solapamiento y resistencia a cizalla no

es lineal, aunque se produce un incremento. Esto es debido a que las tensiones se acumulan en los extremos de la zona de solapamiento.

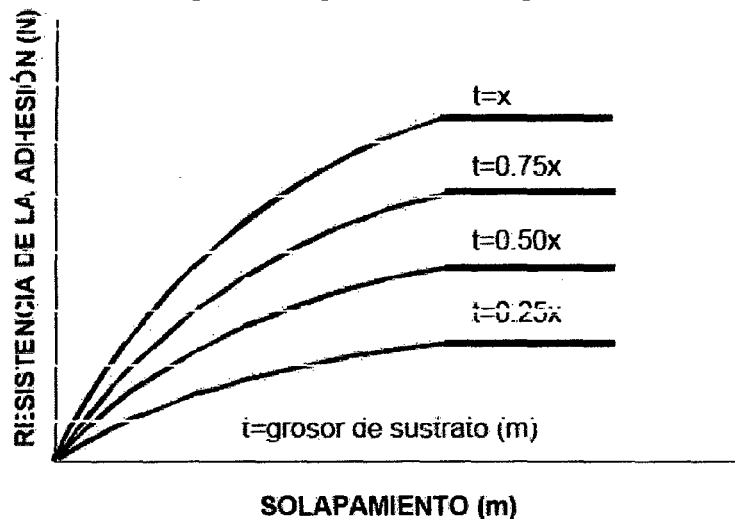
Figura 2.5. Variación de la resistencia de la unión adhesiva incrementando Anchura y longitud de solapamiento.



Fuente: Rodríguez, JP [2012]

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

Figura 2.6. Variación de la resistencia de la unión adhesiva frente al Solapamiento para diferentes grosores.



Fuente: Rodríguez, JP. [2012]

A menudo los adhesivos se combinan con operaciones de conformado, atornillado o soldado, resultando auténticas formas híbridas de la unión. En cuanto al diseño, en general la idea consiste en eliminar la dependencia del tiempo de curado del adhesivo y minimizar los problemas debidos a esfuerzos de pelado y de desgarro durante el funcionamiento del conjunto. El adhesivo reduce la concentración de esfuerzos y mejora el rendimiento de la unión frente a cargas dinámicas. Para poder seleccionar un adhesivo y predecir su comportamiento en una aplicación se emplea la hoja de datos técnicos que elabora el fabricante. Los valores que se incluyen corresponden a ensayos normalizados. Dado el elevado número de factores que afectan en el rendimiento de un adhesivo, sólo son comparables entre sí los resultados obtenidos mediante un mismo tipo de ensayo.

2.2.3.1. TRATAMIENTOS EN LA JUNTA

La adhesión es un fenómeno de superficie. El espesor dentro del cual tienen lugar las interacciones entre adhesivo y sustrato (interfase adhesiva) tiene una magnitud del orden de las distancias intermoleculares. Es claro suponer que cualquier sustancia intermedia va a interferir en este fenómeno. Es más, cualquier capa exterior de composición o estructura diferente de la del seno del sustrato va a afectar la calidad de cualquier adhesión.

Cuando se buscan uniones reproducibles con durabilidad se necesitan procesos que aseguren la aptitud de la superficie para adherir o lo que es lo mismo, que se halle exenta de cualquier agente extraño que provenga del entorno o del mismo sustrato. Estos procesos se denominan tratamientos superficiales. Los tratamientos superficiales no son siempre imprescindibles. Sin embargo su aplicación permite optimizar la adhesión y, cuando menos, reproducir las características de la adhesión en grandes cadenas productivas preservando los niveles de calidad diseñados. Podemos enumerar los siguientes entre los más importantes. Los más utilizados industrialmente son la limpieza superficial y los tratamientos abrasivos:

e) LIMPIEZA SUPERFICIAL

- Desengrasado en fase vapor.
- Tratamiento en baño de ultrasonidos.
- Frotado, inmersión o spray.

d) TRATAMIENTOS ABRASIVOS

e) Tratamientos químicos

f) Imprimaciones

g) Tratamientos de llama

h) Tratamiento mediante plasma de baja presión

i) Descarga en Corona

La rugosidad superficial influye enormemente en la resistencia de la adhesión. La relación exacta entre resistencia, durabilidad y rugosidad superficial es difícil de prever y puede variar entre adhesivos. Superficies rugosas proporcionan un anclaje mecánico para el adhesivo, pero pueden quedar atrapados pequeños volúmenes de aire, causando un mojado incompleto. Es posible que los adhesivos rígidos sean más compatibles con superficies suaves que los adhesivos flexibles a causa de la ausencia de puntos de rugosidad que eviten la aparición de puntas de tensión que a su vez podrían actuar como iniciadores de la fractura. Los adhesivos flexibles pueden deformarse bajo tensiones y resistir la rotura o el desgarro, de modo que la rugosidad no es un factor crítico para su uso.

Desde el punto de vista de la adhesión son preferibles acabados rústicos a acabados finos que disminuyen la superficie real del material, haciendo más difícil el anclaje mecánico y disminuyendo la extensión de la interfase adhesivosustrato. La viscosidad del adhesivo debe ser adecuada a la estructura geométrica fina y al estado energético de la superficie. Esto significa que las desigualdades de la superficie deben ser rellenadas y que las capas de adhesivo deben tener un espesor capaz de recubrir las holguras entre los sustratos. De ser así, la totalidad de la superficie podrá participar en la adherencia.

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

En el pasado la mayoría de los epoxis se formulaban como bicomponentes que debían ser mezclados inmediatamente antes de ser empleados y tenían una vida de mezcla limitada. Sin embargo, en la actualidad existen adhesivos epoxi monocomponentes con un agente endurecedor latente que se libera únicamente

por reacción a alta temperatura. Estos adhesivos fueron comercializados en 1975. Por debajo de la temperatura de la mezcla (por debajo de 0°C) no se produce reacción alguna. Al elevarse la temperatura comienza la policondensación de la resina.

Los epoxis empleados en aplicaciones estructurales deben ser curados a temperaturas altas o a temperatura ambiente con post-curado por calor. La ventaja del post-curado como operación independiente, incluso en el caso de juntas ya curadas con algo de calor, es que puede ser realizado sin el uso de sistemas de sujeción o sistemas de calentamiento con prensas hidráulicas.

El mayor interés en un reciente pasado se centró en los epoxis tenaces.

Estos materiales incorporaban en su formulación un caucho, generalmente nitrilo, capaz de precipitar de forma microdispersa cuando la resina endurece.

Con la adición de esta fase de caucho se mejoran las características del adhesivo curado frente a esfuerzos de pelado, sobre todo a bajas temperaturas en las que otros epoxis, como los nylonepoxis, pierden todas sus características de flexibilidad. Los epoxis tenaces bicomponentes fueron introducidos comercialmente en 1973. [Mario Madrid, Tecnología de la Adhesión]

2.2.3.2. RENDIMIENTO DE LA JUNTA FRENTE A AGENTES EXTERNOS

Una vez que el adhesivo ha curado completamente y por tanto adquirido sus características fisico-químicas definitivas, se verá sometida a una serie de agentes externos que pueden modificar sus propiedades. El medio puede debilitar la junta adhesiva y provocar el fallo frente a esfuerzos mecánicos más débiles que los previstos.

Por ello, es necesario caracterizar las propiedades fisico-químicas de cada adhesivo y su variación frente a los agentes externos a los que pueda verse sometida. Esto es lo que se conoce como "durabilidad del adhesivo". Los valores de resistencia ambiental se dan siempre en relación a la resistencia definitiva que se logra en la junta adhesiva. Normalmente se emplean ensayos normalizados (a tracción, desgarró, etc.) y se observa la pérdida de la resistencia inicial en porcentaje, tras exponer la probeta al agente concreto durante un número

determinado de horas. Las gráficas resultantes nos dan una idea de la degradación de la unión adhesiva bajo tales condiciones.

Los factores que pueden afectar la unión adhesiva pueden ser clasificados en los siguientes grupos:

- Temperatura.
- Humedad.
- Fluidos: aceites, combustibles, disolventes orgánicos y clorados, agentes químicos agresivos, gases refrigerantes, etc.

Se entiende por resistencia al calor la resistencia que presenta el adhesivo frente a altas temperaturas puntuales. El efecto de tales temperaturas es la disminución de la viscosidad del material polimérico durante un cierto tiempo

El envejecimiento a temperatura es el efecto que se produce por la exposición de la junta adhesiva a una elevada temperatura de forma constante. El comportamiento de los adhesivos sometidos a alta temperatura durante períodos largos de tiempo es muy diferente al debido a su exposición a altas temperaturas puntuales.

El efecto que tiene un agente externo sobre la junta adhesiva no siempre es consecuencia de su interacción con la masa de adhesivo. De hecho, la resistencia de una unión adhesiva sometida a condiciones de humedad no depende del efecto que ésta tenga sobre el propio material polimérico, sino sobre la zona de adhesión. Cuando el agua accede a la interfase adhesiva compite con el adhesivo curado por adsorberse e incluso combinarse con el sustrato. El agua tiende a desplazar la resina curada allí donde existen enlaces secundarios produciendo tensiones sobre los menos numerosos enlaces químicos de la interfase y dando lugar a fenómenos de adsorción.

Hay dos procesos involucrados en el deterioramiento de las juntas adhesivas por efecto de la humedad:

1. La absorción de agua por el adhesivo.
2. La adsorción de agua en la interfase por desplazamiento del adhesivo.

La absorción de la humedad por parte del adhesivo no causa el deterioro de la junta adhesiva por pérdida de la resistencia del material polimero, sino porque es capaz de aportar a la interfase una mayor concentración de agua. Por este motivo, los adhesivos que presentan mejores durabilidades frente a ambientes húmedos son aquellos en los cuales el agua es virtualmente insoluble.

Como en el caso de otros agentes externos, el efecto de los fluidos sobre la durabilidad de una adhesión se mide en relación con la resistencia máxima del adhesivo. Los ensayos se realizan también a lo largo del tiempo. De un modo general podemos hablar de dos tipos de efectos:

1. Efectos físicos: debidos a modificaciones de las propiedades físicas del adhesivo, sin que se produzca ninguna variación en su composición química.
2. Efectos químicos: por ataque o degradación paulatina del material adhesivo.

2.2.3.3. ADHERENCIA ENTRE CONCRETOS

Generalmente, se emplean capas adherentes para ligar el concreto o mortero fresco al concreto existente. En el pasado, se ha usado comúnmente mortero arena-cemento o pasta de cemento. Agentes adherentes también pueden ser usados para una seguridad adicional.

Algunas veces se usan resinas epóxicas como agentes adherentes, estos materiales desarrollan buena adherencia alcanzando resistencias a tensión y cortante mayores que las del concreto. Son resistentes a la mayor parte de los químicos y algunas formulaciones son altamente resistentes al agua. No es posible alcanzar resultados aceptables cuando el concreto es colocado en capas delgadas. Hay algunas desventajas en el uso de las resinas epóxicas, como la toxicidad y su corta duración después de preparada. Se han relacionado con diferencias en las propiedades térmicas y de tensión; a módulos de elasticidad diferentes de los dos materiales.

Para alcanzar resultados más efectivos, los agentes adhesivos epóxicos deben aplicarse en capas no más gruesas de 5mm. En ASTM C 881-90

Por estructuralidad entendemos la virtud que tiene un conjunto de elementos ensamblados entre sí, de comportarse como un todo solidario frente a los esfuerzos mecánicos para los que fue diseñado. Esta definición abarca tanto aplicaciones sometidas a cargas estáticas como puede ser cualquier edificación,

La gran variedad de problemas estructurales unido a los distintos efectos que producen los diferentes tipos de solicitaciones sobre las estructuras hacen que las soluciones para el ensamble de los componentes sean diversas y deban estudiarse por separado.

Las condiciones bajo las que van a funcionar las estructuras determinan las exigencias que debe cumplir el adhesivo seleccionado. En base a las capacidades de carga de la resina curada se dimensionan las zonas de unión. No obstante, en muchas ocasiones prevalecen los criterios de resistencia a vibración y a fatiga frente a los de gran capacidad de transmisión de cargas.

Los adhesivos rígidos son soluciones válidas para elevadas cargas estáticas o durante un número corto de ciclos. Sólo soportarán los efectos de cargas dinámicas o impactos si los sustratos no son excesivamente rígidos. [Mario Madrid, Tecnología de la Adhesión]

2.2.3.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA UNIÓN MEDIANTE RESINAS ADHESIVAS

a) Ventajas

Muy alta resistencia a corte, tracción y compresión, debido a la fuerza cohesiva que causa el adhesivo, se puede mencionar una resistencia a temperaturas de hasta 180° C (hasta 250° C en algunas formulaciones). Este tipo de sistema adhiere la mayoría de los sustratos expuestos entre sí formando un solo elemento, se puede hacer referencia a una buena resistencia química debida al intemperismo, hidratación y exposición al fuego, por su misma consistencia se puede decir que posee una gran capacidad de relleno esto es beneficioso al momento de aplicarlo, estos adhesivos son muy rígidos, poseen una gran resistencia a pelado y a impacto en formulaciones flexibles (epoxinitrilo).

Aunque es dieléctrico y aislante térmico, puede ser modificado ser conductor de la electricidad y del calor. Además se pueden adicionar cargas para mejorar las características mecánicas (como fibra de vidrio) o para disminuir la densidad (como micro esferas neumáticas).

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

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

- Aislamiento
- Reducción del número de componentes
- Mejora del aspecto del producto
- Compatibilidad del producto
- Uniones híbridas

b) Desventajas

La desventaja más grande que tiene la unión por adhesivos es la incertidumbre.

No se conoce por el momento de ningún método adecuado no destructivo para probar una unión hecha con adhesivo. En las aplicaciones plenamente estructurales, esto

puede significar que el componente en particular no se pruebe nunca en condiciones de plena carga de servicio, sino hasta que se coloque la estructura, que puede ser ya demasiado tarde. Las propiedades de la línea real de pegamento son un tanto difíciles de determinar. El módulo de elasticidad de la capa de unión debería aproximarse al valor del módulo del concreto. Presentan problemas de absorción y difusión de la humedad en su seno. Consta de una serie de sistemas de alto rendimiento hechos con bicomponentes y con necesidad de calor, al menos en la etapa de post-curado existen problemas de tiempos a la hora del curado, la vida de la mezcla y la necesidad de alta temperatura para conseguir un alto grado de reticulación.

Como inconvenientes de los adhesivos, podemos destacar:

- Necesidad de preparación superficial
- Espera de los tiempos de curado
- Dificultad de desmontaje
- Resistencias mecánica y a la temperatura limitadas
- Inexistencia de ensayos no destructivos

CAPITULO III.

METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTO

3.1. TIPO DE INVESTIGACION

Tabla 3.1 Tipo de Investigación

CRITERIO	TIPO DE INVESTIGACION
Finalidad	Aplicada
Enfoque	Cuantitativa
Objetivos	Explicativa
Fuente de datos	Primaria
Control de diseño de Prueba	Experimental
Temporalidad	Transversal
Contexto de desarrollo	Laboratorio
Intervención Disciplinaria	Unidisciplinaria

Fuente: Vieytes [2004], Estrada et al. [1994]

3.2. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES

De las variables que pueden influir en la adhesión lograda en la junta fría de hormigonado se ha decidido variar el tratamiento de superficie y el tipo de hormigón que se utilizará para la fabricación de los especímenes a ensayar. Por su parte se ha mantenido constante el tamaño máximo del agregado a utilizar, la edad del hormigón base cuando se aplique el tratamiento de superficie y la resistencia a la compresión del hormigón fresco que se coloque sobre el primero.

Con el fin de replicar obras de la industria de la construcción donde el hormigón tiene un uso estructural, se dosificarán hormigones con una resistencia a la compresión promedio de 28 [MPa], 21[MPa], 17[MPa] y 35[MPa].

En busca de acotar el estudio, el tamaño máximo del agregado que tendrá directa influencia en la rugosidad de superficie lograda cuando se aplica la malla de gallinero, se ha fijado en 12.8 [mm] y por su parte, la edad de aplicación del tratamiento sobre la superficie del hormigón base se estableció en 24 horas.

La definición de los hormigones a utilizar se basa en los hormigones habitualmente utilizados para fabricar las estructuras utilizadas en este tipo de obras. Se definió un hormigón de baja trabajabilidad y menor relación A/C, usado generalmente en pavimentos donde se necesita una alta durabilidad y resistencia y otro con mayor relación A/C y mayor trabajabilidad utilizado generalmente en elementos estructurales. Las características de los hormigones con los que se materializarán los especímenes tendrán directa incidencia en la adhesión lograda para el tratamiento de malla de gallinero debido a que a más fluidez mayor será el escurrimiento de lechada a través de la malla.

3.3. MATERIALES UTILIZADOS

3.3.1. CEMENTO

Es indispensable contar con el peso específico del cemento para realizar el diseño de la mezcla, por lo que la marca debe definirse desde un principio. El cemento que se utilizó en la construcción de probetas de ensayo, fue Cemento Pacasmayo Tipo I.

El cemento portland Tipo I es un cemento de uso general que cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150. El cemento Tipo I desarrolla mayor resistencia a edades tempranas y menores tiempos de fraguado. (Anexo 01)

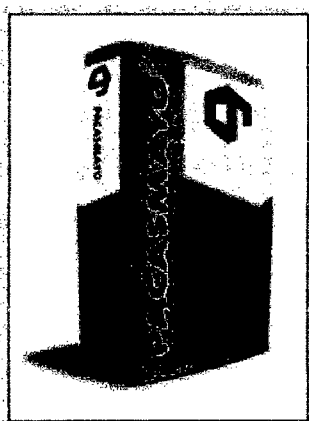


Figura 3.1 Cemento Tipo I usado para el diseño de especímenes

3.3.2. AGUA

El agua empleada en el mezclado del concreto debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias nocivas para el concreto o el refuerzo.

Casi cualquier agua natural que se pueda beber (potable) y que no tenga un sabor u olor marcado, puede utilizarse como agua de mezclado en la elaboración de concreto. Cuando las impurezas en el agua de mezclado son excesivas, pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y la estabilidad volumétrica (variación dimensional), sino que también pueden provocar eflorescencia o corrosión en el refuerzo. Siempre que sea posible, debe evitarse el agua con altas concentraciones de sólidos disueltos. [ACI American Concrete Institute US. 2005. Reglamento ACI 318S y Comentarios. Farmington Hills. Michigan. p.44]

El agua utilizada en la elaboración de la mezcla es agua potable de la red de la ciudad universitaria, que satisface los requisitos arriba mencionados.

3.3.3. ADITIVO

Para esta investigación se utilizó el adhesivo Sikadur 32 Gel. Debe demostrarse que el aditivo es capaz de mantener durante toda la obra, esencialmente la misma composición y comportamiento que el producto usado para establecer la dosificación del concreto. (3.6.2. 318 S/318 SR – 50 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario. ACI. Enero 2005)

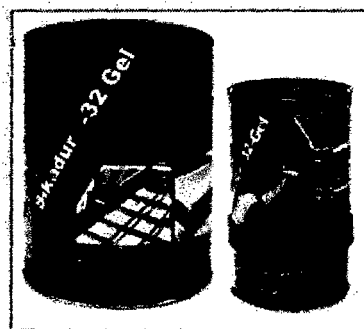


Figura 3.2 Adhesivo Epóxico Usado para unir las juntas.

Como puente de adherencia se usó Sikadur 32, producto a base de resinas epóxicas, libre de solventes. La Hoja Técnica figura en el ANEXO 01

Por lo general este producto se usa en obras como adhesivo estructural de hormigón fresco con hormigón endurecido; adhesivo entre elementos de: hormigón, piedra, acero, fierro, fibrocemento, madera; adhesivo entre hormigón y mortero; y para anclajes de pernos de hormigón o roca.

Para su aplicación la superficie debe encontrarse limpia, exenta de polvo, partes sueltas o mal adheridas, sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, etc. firme y sana respecto a sus resistencias mecánicas. Su aplicación es mediante brocha, rodillo o pulverizado sobre la superficie preparada.

Tabla 3.2 Propiedades del Puesto de adherencia

PROPIEDAD	EDAD	VALOR	UNIDAD
Densidad		1,6	kg/m ³
Resistencia a Compresión	1 día	75	Mpa
	10 días	90	Mpa
Resistencia a Flexión	10 días	34	Mpa
Adherencia		> 13	Mpa
Fuerza de Arrancamiento de Anclaje en Hormigón H25		6000	kgf
Pot life		25	min
Consumo		0,3 - 0,5	kg/m ²

Fuente: Hoja Técnica de Sikadur 32 Gel

3.3.4. AGREGADOS

3.3.4.1. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA CANTERA:

El material fue obtenido del río Chonta, que se extrae a la altura de Tartar chico. En la zona se realiza la extracción con equipo, contando con una regular accesibilidad y depósitos fluviales en ambos márgenes de dicho río compuesta de agregado fino (arena) y agregado grueso (grava), bastante homogéneos, con pocas impurezas. Esta cantera se encuentra constituida de diversos tipos de rocas, en su mayoría de areniscas, calizas, traquitas, andecitas, muy abundantes en dicho lugar.

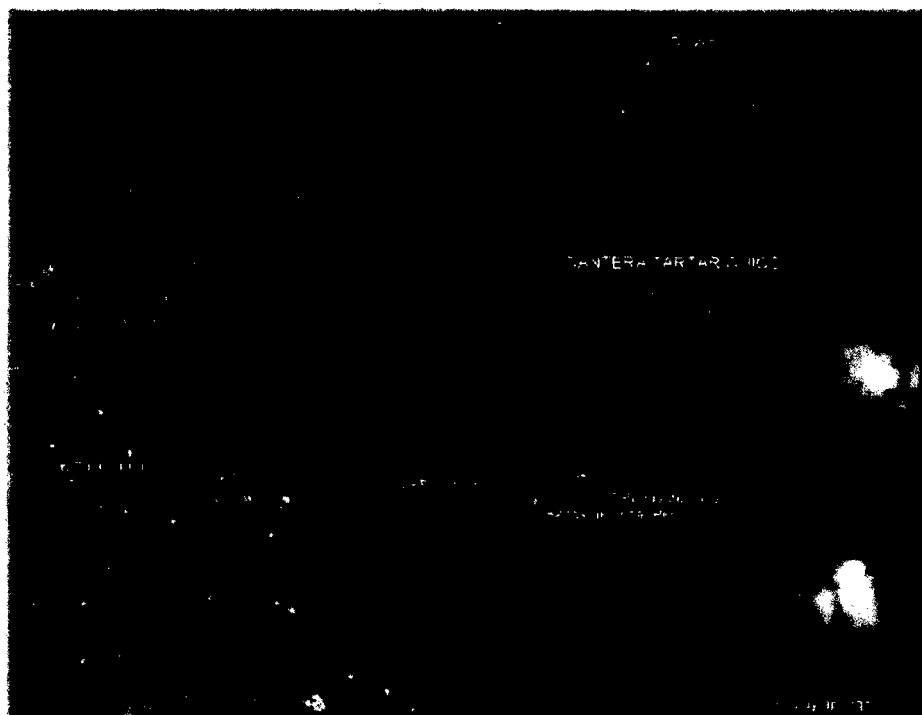


Fig. 3.3 Ubicación de la cantera. Google Earth 2012

La cantera Tartar chico se encuentra en el sitio de Tartar chico que pertenece políticamente al distrito de Baños del Inca y Provincia de Cajamarca.

Geográficamente está al este de la ciudad de Cajamarca, y al norte de Los Baños del Inca, en el flanco derecho del Río Chonta.

El área de extracción está delimitada dentro de las Coordenadas UTM siguientes:

NORTE	:	9208400N – 9207600N
ESTE	:	772000E – 773800E
Altitud	:	2797 m.s.n.m.

Existe 1 vía de acceso a la cantera Tartar chico, mediante la carretera Baños del Inca - Otuzco en el Km. 3+120.

El material se encuentra distribuido naturalmente a lo largo de la orilla del río Chonta, pero se extrae a 12m de distancia del cauce natural, limitado por la carretera Otuzco – Baños del Inca, con una profundidad aproximada de 1.5 m, haciendo uso de una retroexcavadora que lo lleva al sitio destinado para el tamizado mediante gravedad con agua extraída de una motobomba.

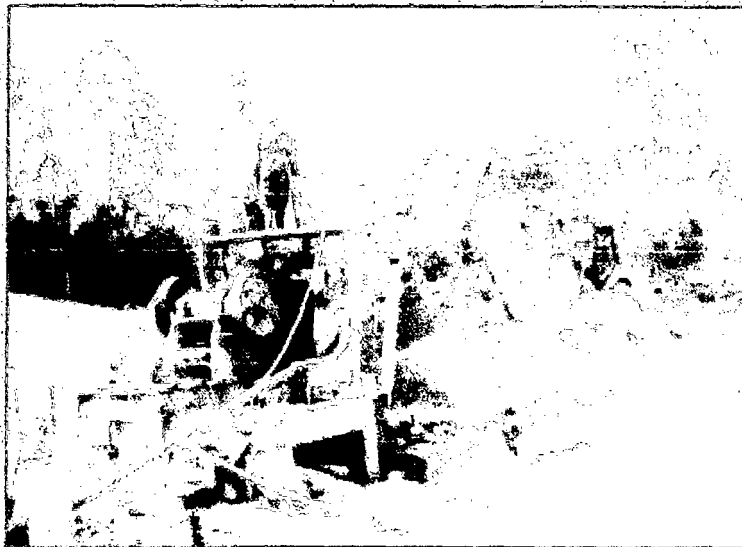


Fig. 3.4. Proceso de Separación del Agregado

Los depósitos fluviales son constituidos por materiales que se encuentran dentro, cerca y bordeando los cauces de los ríos y las terrazas que se han formado durante el desarrollo geológico de los mismos. Están compuestos mayormente por cantos rodados, desde planares hasta casi esféricos. Las geoformas de los cantos nos indican la distancia y origen de los materiales que fueron erosionados y transportados por los ríos. Este tipo se presenta en cantos volcánicos traquíticos, y andesíticos, calcáreos, margosos, graníticos, dioríticos, cuarzosos, lutíticos, así como cantos indiferenciados. Actualmente siguen acumulándose como consecuencia de las inundaciones que se presentan en la estación lluviosa y van formando terrazas escalonadas. Y como el valle del lugar está formado por depósitos Cuaternarios, éste presenta materiales consolidados y no consolidados que se encuentran en una secuencia estratigráfica, infrayaciendo los depósitos morrénicos y fluvio-glaciáridos [INDECI, 2005]

La grava es procesada y chancada con diámetros entre 4.75 mm y 12.7 mm aprox, según se requiera puede ser adquirida grava sin chancar.

Para cumplir con la premisa de que el tamaño máximo nominal del agregado debe ser menor a un tercio del diámetro del molde, elegimos un TMN de 1/2", por lo que se adquirió grava chancada de granulometría menor a este diámetro.



Fig. 3.5 Trabajadores de la Cantera tamizan el Agregado Grueso, según el requerimiento

El agregado fino de la cantera también se encuentra dispersado naturalmente, y es de similar extracción con otra motobomba, apilado mediante un cargador frontal en una zona de carga distinta al del agregado grueso.

Este material se encuentra completamente saturado, por lo que después de su adquisición fue tratado para conseguir que se encuentre en estado SSS, Saturado Superficialmente Seco.

3.3.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS:

a) FORMA Y TEXTURA

Podemos apreciar formas angulares y sub-angulares.

En cuanto a la textura, se puede manifestar que éste presenta cierta porosidad

b) ELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Como lo indica El IMCYC [2006] El diámetro del cilindro utilizado debe ser como mínimo tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se emplee en el concreto.

El diámetro del molde utilizado para el experimento es igual al del interior de un tubo de agua Norma ISO 1452 DN = 75mm. De acuerdo al registro de las medidas efectuadas a los especímenes (2 medidas del diámetro de cada uno), el promedio fue 7.89 cm.

Para cumplir lo dicho en el primer párrafo, bastaría con dividir este 7.9 entre tres;

sin embargo al vaciar el espécimen en dos partes, el diámetro se ha considerado a la altura de la mitad del molde 3.95cm. (1.5"), lo que nos limita a usar un agregado grueso de $TMN = \frac{1.5''}{3} = 1 \frac{1}{2}''$

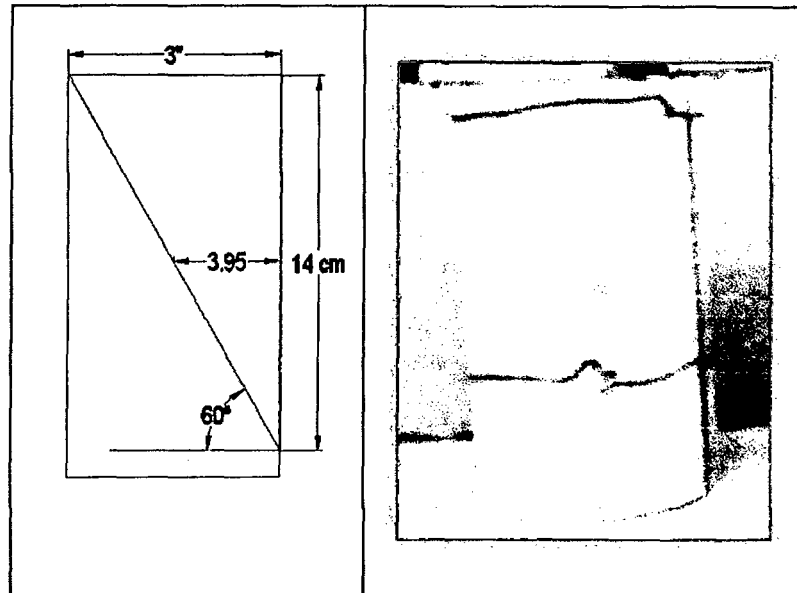


Fig. 3.6. Molde de PVC y Dimensiones

c) PESOS ESPECÍFICOS:

PESO ESPECÍFICO: Se refiere a la densidad de las partículas individuales y no a la masa del agregado como un todo. Pudiendo definirse al peso específico como la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa igual al volumen de agua destilada, libre de gas, a una temperatura especificada.

PESO ESPECÍFICO DE MASA: El cual es definido por la Norma ASTM C 127 como la relación, entre la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material), a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada, libre de gas y a una temperatura especificada.

PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO:

El cual es definido como el mismo que el peso específico de masa, excepto que ésta incluye el agua en los poros permeables.

La calidad del agregado es de suma importancia, ya que le corresponden aproximadamente tres cuartas partes del volumen del concreto. El agregado no sólo puede limitar la resistencia mecánica, sino también que sus propiedades pueden afectar la durabilidad y desempeño. Los agregados naturales se forman por procesos climáticos y abrasivos, o por molido artificial de una gran masa del material de origen.; muchas características del agregado dependerán de las propiedades de la roca original, como composición química y mineral. [Neville, A. y Brooks J.J. 1998. Tecnología del Concreto. 1. ed. Editorial Trillas. México. P38]

Se realizó los siguientes ensayos a los agregados:

- Determinación de Pesos Específicos; absoluto, de masa, y de masa saturado superficialmente seco (SSS).¹
- Análisis Granulométrico.²
- Peso Unitario; suelto y compactado
- Contenido de Humedad
- Resistencia al desgaste³

El desarrollo de cada prueba se muestra a continuación y los resultados se encuentran en el Anexo N°2

c.1) PESO ESPECÍFICO PARA EL AGREGADO FINO:

P. E. de Masa:
$$P_e = \frac{W_o}{v - v_a} \dots\dots\dots Ec.3.1$$

P. E. de Masa S.S.S:
$$P_{e_{SSS}} = \frac{500}{v - v_a} \dots\dots\dots Ec.3.2$$

1 De acuerdo a la ASTM C127-84 para el agregado grueso; y ASTM C128-84, para el agregado fino.

2 ASTM C136-84 para los materiales de ensayo y ASTM C33 - 84, para los procedimientos.

3 El método y las cantidades están señaladas en la norma ASTM C131-81

P. E. Aparente:
$$P_{ea} = \frac{W_o}{V - V_a - (500 - W_o)} \dots\dots\dots Ec.3.3$$

Porcentaje de Absorción:
$$Abs = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100 \dots\dots\dots Ec.3.4$$

Donde: W_o = Peso de la muestra seca en la estufa (g)
 V = Volumen del recipiente (cm³)
 V_a = Peso (g) o volumen (cm³) del agua añadida al recipiente.

Equipo:

- Balanza
- Estufa
- Cono metálico
- Varilla pequeña
- Taras
- Fiola de 500 cm³

Procedimiento:

- Colocar una muestra de agregado fino a la estufa y secar por 24 horas, luego determinar su peso.
- Saturar la muestra durante 24 horas.
- Extender la muestra sobre una superficie impermeable y secar levemente, para lograr la condición saturada superficialmente seca.
- Verificar con el cono metálico, agregando el material dentro de él y compactándolo usando la varilla con 25 golpes repartidos en tres capas, verificando la estabilidad de éste. El material estará listo para el ensayo cuando, al levantar el molde, el cono se derrumbe.

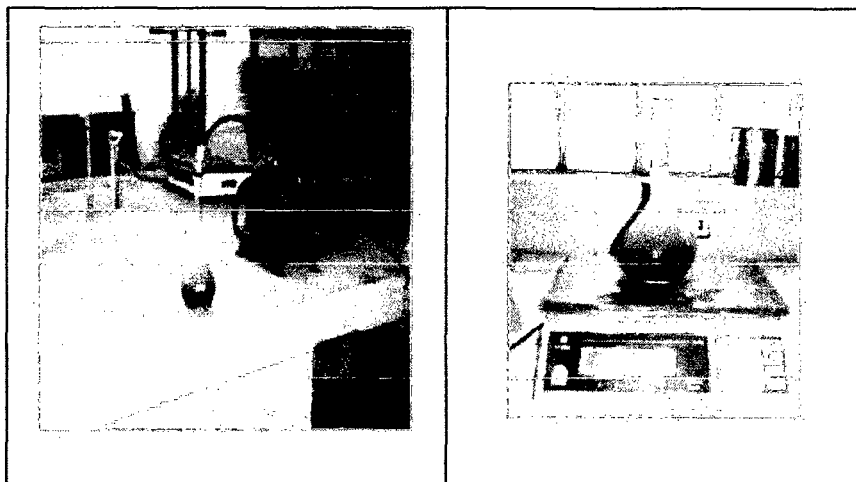


Fig. 3.7. Procedimiento para hallar el Peso Específico

- Determinar el peso de la fiola sin agua y luego llena con agua hasta 500 cm³.
- Agregar una porción del material en estado S.S.S. a la fiola vacía, añadir un poco de agua hasta que cubra el material y llevar a la bomba de vacíos durante 15 minutos para eliminar el aire.
- Completar con agua hasta la marca de 500 cm³ y pesar.
- Vaciar cuidadosamente el agua de la fiola y secar la muestra de agregado y colocar en la estufa hasta obtener un peso constante y determinar su peso.
- Determinar los otros valores pedidos analíticamente.
- Para tener mejores resultados, se recomienda repetir el ensayo las veces que sean necesarias.

c.2) PESO ESPECÍFICO PARA EL AGREGADO GRUESO:

P. E. de Masa: $P_e = \frac{A}{B-C}$ Ec.3.5

P. E. de Masa S.S.S: $P_{e_{SSS}} = \frac{B}{B-C}$ Ec.3.6

P. E. Aparente: $P_{e_A} = \frac{A}{A-C}$ Ec.3.7

Porcentaje de Absorción: $Abs = \frac{B-A}{A} \times 100$ Ec.3.8

Donde: A = Peso de la muestra seca en la estufa (g)

B = Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)

C = Peso en el agua de la muestra saturada con superficie seca (g)

Equipo:

➤ Balanza

➤ Estufa

➤ Canastilla metálica

➤ Taras

➤ Procedimiento:

- Colocar una muestra de agregado grueso a la estufa y secar por 24 horas, luego determinar su peso.
- Saturar la muestra durante 24 horas.
- Extender la muestra sobre una superficie impermeable y secar levemente con un paño.
- Pesar la muestra en la condición saturada superficialmente seca.
- Colocar la muestra en la canastilla y sumergir dentro del agua registrando su peso en ella.

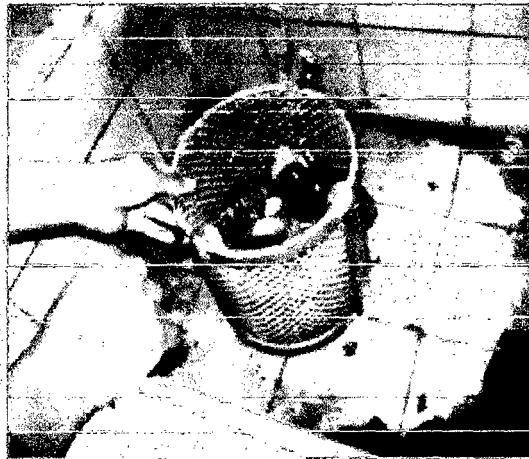


Fig. 3.8 Lavado de la Muestra para la Posterior Determinación del Peso

- Llevar a la estufa durante 24 horas, dejar enfriar a temperatura ambiente y pesar.
- Para tener mejores resultados, se recomienda repetir el ensayo las veces que sean necesarias.

d) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:

La curva granulométrica es un diagrama en cuyo eje de las abscisas se representa se representan los diámetros de los tamices estándar y en el eje de las ordenadas el % que pasa por cada uno de ellos.

Entonces, para cada tamiz estándar existe un % que pasa por él, interceptando estas dos cantidades se generan puntos en el sistema de ejes coordenados uniendo estos puntos en forma sucesiva se obtiene la denominada Curva Granulométrica.

Se dice que este diagrama es semilogarítmico, porque esta curva emplea una escala logarítmica en el eje x y una aritmética en el eje y.

En este diagrama se pueden ver 2 parámetros importantes que permiten clasificar tanto al agregado fino como el agregado grueso, estos son el Coeficiente de Uniformidad y el Coeficiente de Curvatura, que relaciona diámetros de tamices en cierto porcentajes que pasan los agregados.



Fig. 3.9. Tamizado de la muestra

MÓDULO DE FINURA:

El módulo de finura es un parámetro que se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices especificados que cumplan con la relación 1:2 desde el tamiz # 100 en adelante hasta el tamaño máximo presente y dividido en 100. Es preciso mencionar que el módulo de finura está en relación inversa tanto a las áreas superficiales como al valor lubricante del agregado; por lo que la demanda de agua por área superficial será menor, mientras mayor sea el módulo de finura.

Se considera que el MF de una arena adecuada para producir concreto debe estar entre 2.3, y 3.1 o, donde un valor menor que 2,0 indica una arena fina 2,5 una

arena de finura media y más de 3,0 una arena gruesa. La variación del módulo de finura, no debe exceder de 0.2 de la base del módulo para una determinada obra.

Además se estima que con agregados finos cuyos módulos de finura varían entre 2.2 y 2.8 se obtienen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación, y aquellos que están comprendidos entre 2.8 y 3.2 son los más indicados para producir concretos de alta resistencia.

Este factor empírico, al igual que el tamaño máximo del agregado, se determina junto con el análisis granulométrico.

Para el agregado fino:

$$M. F = \frac{\% \text{Ret. acum. (N}^\circ 100, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 4)}{100}$$

Para el agregado grueso:

$$M. F = \frac{\% \text{Ret. acum. (N}^\circ 4, 3/8'', 3/4'')}{100}$$

e) PESO UNITARIO:

Es el material seco que se necesita para llenar ciertos recipientes de volumen unitario, se expresa en kilos por metro cúbico del material, también se le denomina Peso Volumétrico y se emplea en la conversión de cantidades en peso a cantidades en volumen y viceversa.

Está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas y del grado de compactación. [Lezama, J. Tecnología del Concreto. 1996. Universidad Nacional de Cajamarca. p.20]

El peso unitario varía con el contenido de humedad.

El contenido de vacíos entre partículas afecta la demanda de mortero en el diseño de la mezcla.

Los contenidos de vacíos varían desde aproximadamente 30% a 45% para agregados gruesos hasta 40% a 50% para el agregado fino.

La angularidad aumenta el contenido de vacíos; mayores tamaños de agregado bien graduado y una granulometría mejorada hacen disminuir el contenido e

vacíos contenido de vacíos. Los métodos para determinar el peso volumétrico de los agregados y el contenido de vacíos, se dan en la norma ASTM C 29.

e.1) PESO UNITARIO COMPACTADO

Equipo:

- Balanza que permita lecturas de por lo menos 0.1% del peso de la muestra.
- Barra compactadora de acero, circular, recta de 5/8 de diámetro y 60 cm. de largo, con un extremo redondeado.
- Recipiente cilíndrico y de metal, suficiente rígido para condiciones duras de trabajo cuyas medidas se especifican en la tabla siguiente.

Calibración del recipiente:

El recipiente se calibrará determinando con exactitud el peso del agua requerida para llenarlo a 16.7 °C. Para cualquier unidad, el factor (f) se obtendrá dividiendo al peso unitario del agua a 16.7 °C. (1000 Kg/m³) por el peso del agua a 16.7 °C. Necesario para llenar la medida. Se toma dimensiones y peso del recipiente metálico, y determinar su volumen, luego llenar con agua temperada a 16.7° C el recipiente, hasta el borde y determinar su peso; finalmente determinar analíticamente el factor "F".

$$f = \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{W_a} \dots\dots\dots \text{Ec. 3.9}$$

Donde:

f = Factor f.

Wa = Peso del agua a 16.7 °C para llenar el recipiente.

Procedimiento por el Método de Apisonado:

- Secar una muestra representativa entre el 150% y 200% del volumen del molde y llevarlo al horno durante 24 horas
- Llenar el recipiente metálico con agregado fino hasta su tercera parte y apisonar con la varilla mediante 25 golpes, distribuidos uniformemente sobre la superficie.
- Agregar muestra hasta las dos terceras partes y apisonar nuevamente con 25 golpes más.
- Llenar el recipiente hasta el borde y repetir el apisonado, se enrasará con la varilla.
- Seguidamente se determinará el peso neto de agregado del recipiente (Wa).

- Determina el peso unitario compactado del agregado al multiplicar dicho peso con el factor (f) ya calculado.

$$P. U. V_{compactado} = f \times \text{Peso de la muestra compactada} \dots \text{Ec. 3.10}$$

e.2) PESO UNITARIO SUELTO

- Secar una muestra representativa aproximadamente el 150% del volumen del molde y llevarlo al horno durante 24 horas a temperatura 105°C – 110°C
- Llenar el recipiente con una placa hasta rebosar, dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5 cm. Por encima del borde superior del recipiente. Tomar las precauciones necesarias para impedir en lo posible la segregación de partículas, eliminar el excedente del agregado enrasándolo con la varilla y pesar.
- Determinar el peso neto del agregado en el recipiente (W_s).

$$W_s = W_s + W_r - W_r \dots \dots \dots \text{Ec.3.11}$$

Donde:

W_s : Peso muestra seca

W_r : Peso del recipiente

Finalmente obtenemos el peso unitario suelto del agregado:

$$P. U. V_{suelto} = f \times \text{Peso de la muestra suelta} \dots \dots \dots \text{Ec.3.12}$$

f) CONTENIDO DE HUMEDAD:

Los agregados generalmente se los encuentra húmedos y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determina frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla.

Equipo:

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gr. Y cuya capacidad no sea menor de 1 Kg.
- Recipiente adecuado para colocar la muestra de ensayo.
- Estufa capaz de mantener una temperatura de 105 °C. a 110 °C.

Procedimiento:

- Determinar cada uno de los pesos de las taras a emplear en el ensayo

- Seleccionar cierta cantidad de la muestra y pesar. (Peso de la tara más muestra húmeda)
- Llevar dicha muestra a la estufa durante 24 horas a 110 °C.
- Determinar el peso de la muestra seca (Peso de la tara más la muestra seca)
- Repetir el ensayo cuantas veces se crea necesario.
- determinamos el contenido de humedad aplicando la fórmula:

$$\%W = \frac{W_w}{W_{ms}} \times 100 \dots\dots\dots Ec.3.13$$

Donde:

$\%W$: contenido de humedad en porcentaje

W_{mh} : Peso de muestra húmeda.

W_{ms} : Peso de muestra seca.

W_w : Peso del agua ($W_{mh} - W_{ms}$)

g) ABRASIÓN:

Es la oposición que tienen los agregados al desgaste por frotamiento que se da mecánica o hidráulicamente.

Para determinar la resistencia al desgaste de los agregados gruesos mediante la Máquina de Los Ángeles, se conocen dos métodos de ensayo, uno para agregados menores de 1 1/2" (ITINTEC 400.019), y otro para agregados mayores de 3/4" (ITINTEC 400.020).

Equipo:

La Máquina de los Ángeles está compuesta de un cilindro hueco de acero, cerrado en ambos extremos, montado sobre puntas de eje adosadas a sus extremos, de tal forma que pueda rotar con el eje, en posición horizontal. Dicho cilindro tiene una abertura para introducir la muestra con una tapa adecuada a prueba de polvo.

Carga abrasiva: La carga abrasiva consiste en esferas de acero, de aproximadamente 4.7 cm. diámetro y cada una con un peso entre 390 y 445 g.

Muestra de ensayo:

La muestra de ensayo estuvo constituida por agregado limpio representativo del material a ensayar y secada en una estufa a 100° -110°C hasta un peso

aproximadamente constante, y cumplirá con una de las gradaciones indicadas en la tabla.

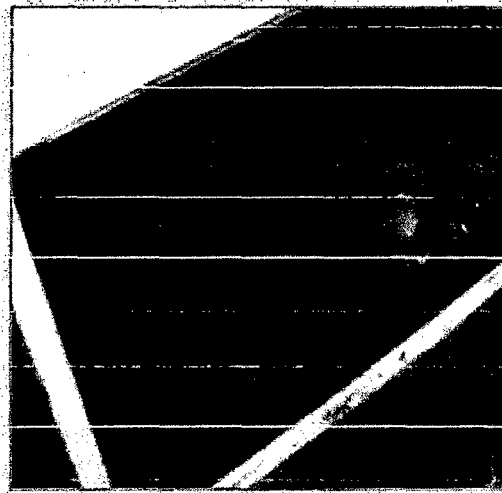


Fig. 3.10. Muestra de ensayo dentro del cilindro de la Máquina de los Ángeles

Se eligió el método A, por reunir las características para llevarlo a cabo.

Se colocó la muestra de ensayo y la carga abrasiva en la Máquina de los Ángeles y se giró 500 revoluciones. La máquina estuvo accionada y equilibrada de manera tal, que mantuvo una velocidad periférica sustancialmente uniforme, puesto que de lo contrario pueda arrojar resultados diferentes. Cumpliendo el número de revoluciones prescritas se descargó el material y se hizo una separación preliminar de la muestra en un tamiz cuya abertura sea mayor que el matiz N° 12. Luego se cernió la porción más fina en el matiz N° 12 según normas establecidas. Se lavó el material más grueso que el tamiz N° 12 (para evitar que el porcentaje de desgaste resulte aproximadamente un 0.2% menor que el valor real), luego se secó a temperatura de 105° a 110°C. Hasta un peso constante y se pesa con aproximación de 1 gramo.

El porcentaje de desgaste (D_e) está dado por la diferencia entre el peso original (W_o) y el peso final (W_f), expresado como porcentaje del primero.

$$D_e = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100 \dots\dots\dots Ec. 3.14$$

Donde:

W_o = Peso original de la muestra (gr)

W_f = Peso final de la muestra (gr)

D_e = Porcentaje de desgaste (%).

3.4. DISEÑO DE MEZCLA

Para El Comité ACI 318 [2005] el concreto debe dosificarse para que proporcione una determinada resistencia a la compresión. El concreto debe producirse de manera que se minimice la frecuencia de resultados de resistencia inferiores a f'_c . Para el concreto diseñado y construido de acuerdo con el reglamento, no puede ser inferior a 17.5 MPa.

Los requisitos para la dosificación del concreto se basan en la filosofía de que el concreto debe tener una adecuada durabilidad y resistencia; los criterios de aceptación del Reglamento del Comité ACI 318 [2005] pretenden primordialmente proteger la seguridad pública

La dosificación de los materiales para el concreto debe establecerse para lograr la trabajabilidad y consistencia que permitan colocar fácilmente el concreto dentro del encofrado, sin segregación ni exudación excesiva; así como la conformidad con los requisitos del ensayo de resistencia; y la durabilidad requerida, capacidad de que el concreto fabricado soporte aquellas exposiciones que puedan privarlo de su capacidad de servicio.

Para seleccionar una mezcla adecuada de concreto, hay que seguir tres pasos básicos. El primero es determinar la desviación estándar de la muestra y el segundo determinar la resistencia promedio a la compresión requerida. El tercer paso es la dosificación de la mezcla requerida para producir esa resistencia promedio, ya sea mediante mezclas de prueba o un adecuado registro de experiencias. [ACI American Concret Institute US. 2005. Reglamento ACI 318S y Comentarios. Farmington Hills. Michigan. p.52]

3.4.1. PROCEDIMIENTO REALIZADO PARA LA SELECCIÓN DE LAS PROPORCIONES DE LA MEZCLA:

El método elegido para la selección de las proporciones fue el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.

Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular los cuales 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.

Las consideraciones básicas son trabajabilidad, economía, resistencia y durabilidad

Una vez habiendo obtenido la información necesaria de cada componente se procedió a la elección de sus proporciones.

Stanton Walker, conjuntamente con el grupo de investigación del laboratorio de Concreto de la Universidad de Maryland, formuló un procedimiento de selección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto en la cual los porcentajes de agregado fino y grueso se modifican en función de sus propios módulos de fineza, medida indirecta de sus granulometrías y superficies específicas, a partir de la determinación del módulo de fineza de la mejor combinación de agregados para las condiciones planteadas por las especificaciones.

Este método considera que éste módulo es un índice de superficie específica y a medida de que ésta aumenta se incrementa la demanda de la pasta, así como que si se mantiene constante la pasta y se incrementa la fineza del agregado disminuye la resistencia por adherencia. [Rivva, E. 2007. Tecnología del Concreto: Diseño de Mezclas. 2. ed. Perú. P.162]

El método del módulo de fineza de la combinación de agregados, los contenidos de agregados fino y grueso varían para las diferentes resistencias, siendo esta variación función, principalmente de la relación agua cemento y del contenido total de agua, expresados a través del contenido de cemento en la mezcla.

Este método tiene como premisa fundamental, además de lo ya expresado anteriormente; que el módulo de fineza del agregado fino o grueso, es un índice de superficie específica y que en la medida que ésta aumenta se incrementa la demanda de pasta, así como que si se mantiene constante la pasta y se incrementa la fineza del agregado disminuye la resistencia por adherencia.

El módulo de fineza de la combinación de agregados es igual a la suma de los productos de los módulos de fineza de cada ingrediente por la relación del volumen absoluto de cada ingrediente al volumen absoluto de todos los

ingredientes.

Se empleó este método siguiendo la secuencia que se indica a continuación:

a) Selección de la Resistencia Promedio:

Debido a que el presente estudio se enfoca en la realización de especímenes conformados por una parte de concreto con menor $f'c$ y otra de concreto con mayor $f'c$; se trabajaron diseños de resistencias distintas.

Se realizaron 3 grupos básicos de especímenes:

1° Especímenes de Concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

2° Especímenes de Concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

3° Especímenes de Concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Para simular un concreto antiguo, afectado por el intemperismo, ó, de otro lado uno reciente con mala calidad de elaboración; en los dos de los cuales ninguno llega a la resistencia del $f'c$ para el que fue diseñado. Este concreto será el diseñado con menor $f'c$. Y el concreto fresco se diseñará con un $f'c$ de mayor resistencia al anterior.

b) Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso:

Tomando la consideración al IMCYC [2006. Boletín Técnico N°5], el diámetro del cilindro utilizado debe ser como mínimo tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se emplee en el concreto.

Los especímenes elaborados fueron cilíndricos siguiendo la norma ASTM C882, con diámetro de 3", por lo que, para cumplir la recomendación, debiéramos usar TMN del Agregado Grueso = 1"; sin embargo como de éste molde se usará la mitad para cada tipo de concreto; se optó por tomar 1/2" como TMN del Agregado Grueso.

c) Selección del Asentamiento:

La consistencia es aquella propiedad del concreto no endurecido que define el grado de humedad de la mezcla, de acuerdo a esta consistencia, las mezclas se clasifican en: Mezclas Secas (asentamiento 0 – 2"), Mezclas Plásticas (asentamiento 3" – 4"), Mezclas Fluidas (asentamiento mayor a 4")

La consistencia de la mezcla se determinó mediante el ensayo de asentamiento, medido con el cono de Abrams, que estuvo proyectado para 4".

d) Selección de Volumen Unitario de Agua

Esta selección del volumen unitario sirve para la determinación de la cantidad de agua que deberemos incorporar en la mezcladora. La tabla que se muestra a continuación corresponde a agregado grueso de perfil angular y granulometría comprendida entre los límites de la norma ASTM C33, requisitos que presentan los agregados utilizados para los experimentos.

Tabla 3.3. Volumen Unitario de Agua, tabla realizada por Comité ACI 211

Asentamiento	Agua en lts./m ³ , para los TMN de agregado grueso Indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	116
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154

Fuente: Rivva [2007]

Para nuestro diseño de mezcla el volumen unitario de agua es 216 lts/m³

e) Selección del Contenido de Aire

En los concretos siempre hay un pequeño porcentaje de aire, el cual depende del aporte de los materiales, las condiciones de operación, la granulometría y tamaño máximo del agregado. Estas burbujas de aire atrapado se caracterizan por su diámetro cercano a 1mm y su perfil irregular.

Las tablas y determinación de éste ítem se encuentran en el Anexo N°3

f) Selección de la Relación Agua/Cemento por resistencia

Gran parte de las propiedades deseables en el concreto dependen de la pasta, se considera que la elección de éste ítem es una de las etapas fundamentales en la selección de las proporciones de la mezcla.

La selección de la relación agua/cemento se hace partiendo del criterio de que ésta propiedad es la más fácilmente medible.

La relación Agua Cemento para nuestros experimentos, son distintas para cada diseño, y constan en el Anexo N°3, al igual que los ítems siguientes, que varían según el diseño al que pertenecen.

- g) Determinación del Contenido del Cemento
- h) Determinación del Volumen Absoluto de la pasta
- i) Determinación del Volumen Absoluto del Agregado
- j) Determinación del módulo de fineza de la combinación de agregados
- k) Determinación del porcentaje de incidencia del agregado fino.
- l) Cálculo de los Volúmenes Absolutos del Agregado
- m) Determinación del Peso Seco del Agregado
- n) Determinación de los Valores de Diseño
- o) Corrección por Humedad de los Valores de Diseño: Determinación del Agua Efectiva; Peso por Volumen, de Cemento y Agregados Húmedos

3.4.2. ELABORACIÓN DE LAS MEZCLAS DE PRUEBA:

De acuerdo al Anexo N°3, se calculó el peso de los materiales para las distintas resistencias por metro cúbico.

Como nos hace notar Rivva, E. [2007], en un diseño, en base al cual se seleccionan las proporciones de los diferentes materiales que han de conformarla unidad cúbica de concreto, se emplean tablas y gráficos los cuales usualmente representan el promedio de los valores obtenidos en un gran número de ensayos realizados en diferentes laboratorios, empleando cementos y agregados de marcas y procedencias diferentes.

Por la consideración antes mencionada, se prepararon mezclas de prueba, a fin de verificar la resistencia aproximada con los valores y proporciones asumidos.

Estas Mezclas de Prueba, consistieron en 18 especímenes de cada Diseño, la mitad de ellos en Moldes Estándar con los que cuenta el Laboratorio de Ensayo de materiales, Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz, especímenes de 6 in (150mm) de diámetro y 12 in (300mm) de altura; y la otra mitad (nueve), vaciados en moldes preparados para este estudio en base a la norma ASTM C-882 de 3 in (75mm) de diámetro y 6 in (150mm) de altura.

Estos especímenes fueron ensayados en pruebas de resistencia a la compresión en grupos de tres, para 7,14 y 28 días respectivamente.

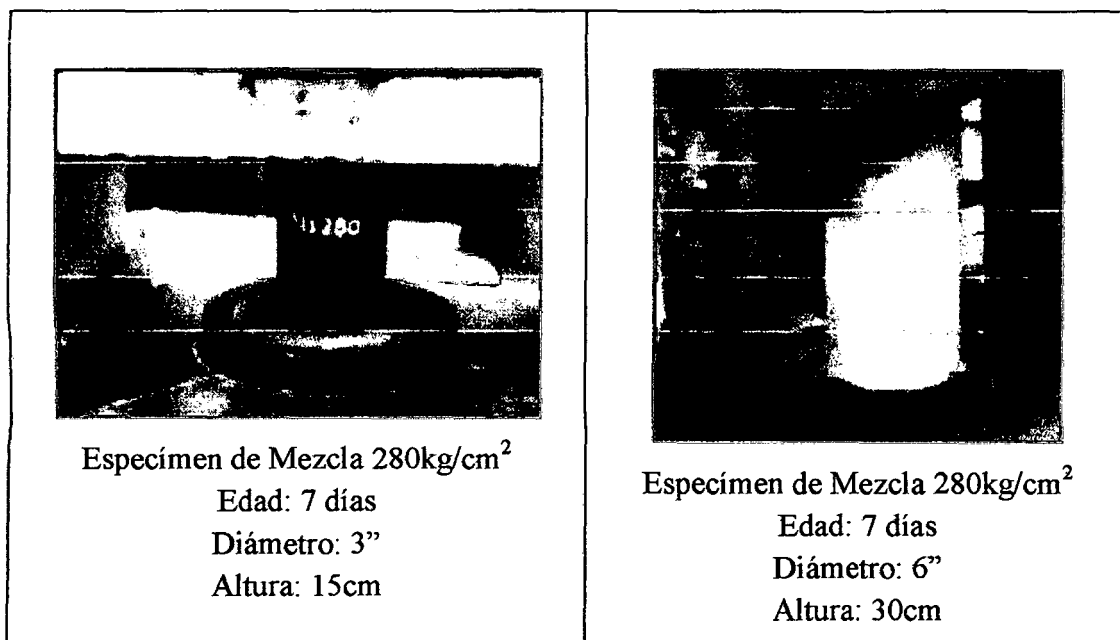


Fig. 3.11 Especímenes de las Mezclas de Prueba (Concreto Monolítico)

Luego de las pruebas, los diseños de mezcla se ajustaron por resistencia, para obtener mayor exactitud en los ensayos posteriores, materia de éste estudio. Cabe resaltar que los especímenes elaborados en los moldes grandes (3" de diámetro) obtuvieron mayores resistencias con respecto a los especímenes de moldes pequeños

Los valores de diseño finales (ajustados para los moldes pequeños) son los siguientes:

Tabla 3.4.- Valores de Diseño Concreto 175kg/Cm²

Material	Peso (Kg.)	Volumen (m3).
Agua	132,72	0,133
Cemento	323,35	0,112
Aire		0,025
Arena	997,88	0,392
Piedra	812,84	0,328

Tabla 3.5- Valores de Diseño Concreto 210kg/Cm²

Material	Peso (Kg.)	Volumen (m3).
Agua	134,00	0,134
Cemento	351,56	0,121
Aire		0,025
Arena	982,38	0,386

Piedra	803,17	0,324
--------	--------	-------

Tabla 3.6.- Valores de Diseño Concreto 280kg/Cm²

Material	Peso (Kg.)	Volumen (m3).
Agua	137,35	0,137
Cemento	425,20	0,144
Aire		0,025
Arena	941,94	0,371
Piedra	777,92	0,314

Tabla 3.7.- Valores de Diseño Concreto 350kg/Cm²

Material	Peso (Kg.)	Volumen (m3).
Agua	141,13	0,141
Cemento	508,24	0,173
Aire		0,025
Arena	896,33	0,353
Piedra	749,45	0,303

La Norma utilizada fue ASTM C-39-86, Standard Test Method for Compressive Strength of Cilindrical Concrete Specimenes, (Método estándar de prueba para fuerza compresiva de especímenes cilíndricos de concreto).

Esta norma proporciona los procedimientos y consideraciones que debemos tener a la hora de elaborar el ensayo para evaluar la calidad de concretos ya endurecidos mediante un método de testeo el cual se realiza aplicando una carga axial y perpendicular al área transversal de un cilindro de concreto, previamente preparado y nivelado de los extremos para corregir las imperfecciones que el cilindro pueda presentar con ello se logra una perpendicularidad ya antes mencionada y la distribución de carga uniforme.

En base a los resultados obtenidos por este método se puede dar un dictamen acerca de la calidad del concreto que se esté utilizando y saber si es apropiado para la función que está desempeñando dentro de las estructuras

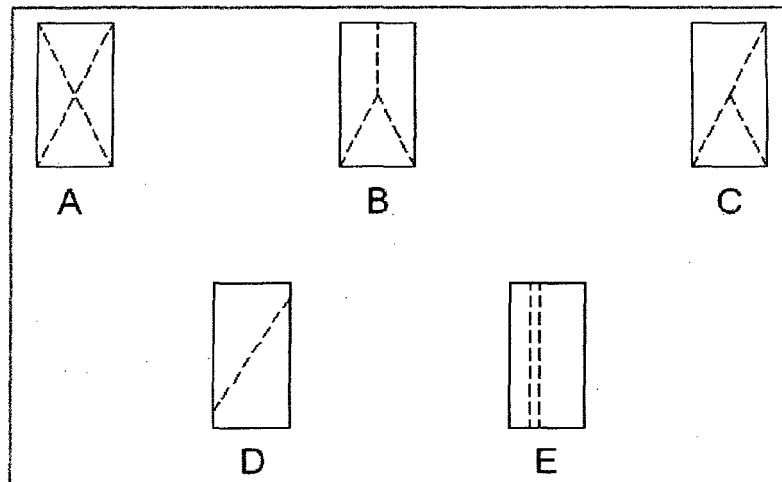


Figura 3.12. Tipos de falla en probetas de concreto

- A Cono
- B Cono y división a lo largo
- C Cono y ciza
- D Ciza
- E Columnas

3.5. DEFINICION DE LOS ENSAYOS

El ensayo de cizalle por compresión se realizará utilizando un procedimiento análogo al descrito en el ASTM C882 (1999): "Standard Test Method for Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used with Concrete by slant Shear".

Se construirán prismas rectangulares de 20 x 20 de sección transversal y 80 [cm] de altura los que serán sometidos a carga de compresión hasta generar la falla tomando registro de la carga última. Los prismas serán fabricados en dos etapas independientes para generar una junta de hormigonado formando un ángulo de $29,87^\circ$ con respecto a la vertical como muestra la figura a continuación.

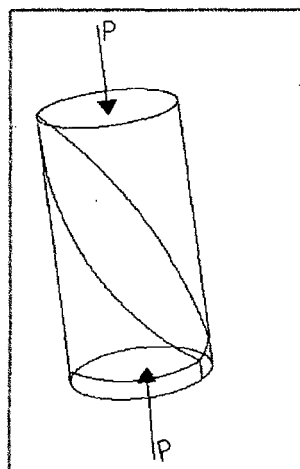


Figura 3.13. Esfuerzos actuantes en Especímen

Los especímenes fueron ensayados a compresión simple, como describe el método de la Norma ASTM C882. Al ser la cara de contacto entre concretos, un plano inclinado, el esfuerzo que se manifiesta es el de corte, como también lo explica la norma.

Entonces, además de Encontrar el valor último de rotura a compresión, fue importante determinar el valor de corte que se presentó en ésta cara de contacto.

Para calcular la tensión de corte último primero es necesario calcular el área nominal (A_n) de la superficie de la junta. Esto se hizo de la siguiente forma:

$$A = A \cos \theta \dots\dots\dots Ec.3.15$$

$$A = 98.24 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots Ec.3.16$$

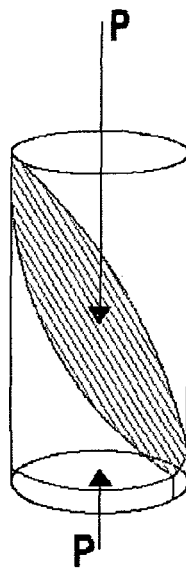


Figura 3.14. Esfuerzos actuantes en Plano de Junta

En el plano de corte se presentan esfuerzos combinados, como hace notar Esparza [2005]. En la sección inclinada, que se aprecia en la figura, actúan $P_{x'x'} = \cos \theta$ que genera Esfuerzo Normal en la sección inclinada, y $P_{x'y'} = \text{sen } \theta$ que genera Esfuerzo Cortante en la sección inclinada.

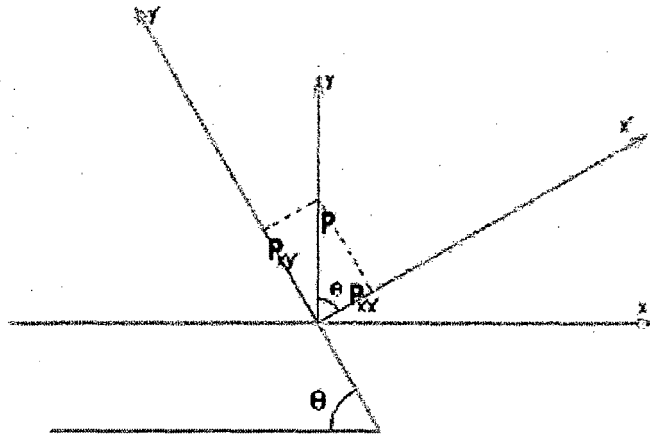


Figura 3.15. Diagrama de Esfuerzos en el Plano

De esta forma se calcula el esfuerzo de corte última de la junta de hormigonado como se muestra a continuación.

$$T = \frac{P_{x'y'}}{A'} \dots\dots\dots Ec.3.16$$

$$T = \frac{P}{A} \cdot \cos \theta \cdot \sen \theta \dots\dots\dots Ec.3.17$$

Finalmente se obtiene,

$$T = \frac{P}{2A} \cdot \sen 2\theta$$

Donde:

T = Tensión de corte última en el plano de la junta [MPa].

P_{x'y'} = Tensión principal última [kg/cm²].

P = Carga última de la máquina [ton].

A = Sección transversal del prisma [cm²].

θ = Ángulo entre el plano de la junta y la arista mayor del prisma [°].

Según la probeta diseñada para el desarrollo del estudio, tenemos:

θ = 60° y **A = 98.24cm²**. Con esto el valor de Tensión de corte último queda expresado a continuación:

$$T_u = 0.0025 P \text{ MPa} \dots\dots\dots Ec.3.17$$

3.6. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES

La elaboración de los especímenes y las pruebas de ensayo posteriores, se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz”

3.6.1. UNIDADES DE ESTUDIO:

Los especímenes se elaboraron en base a la norma ASTM C 882-99

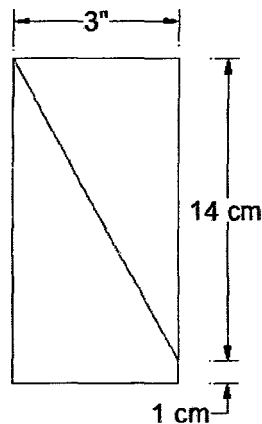


Figura 3.16 Medidas de Probeta.

La línea inclinada de la figura forma un ángulo de 30° con el plano horizontal y es la división en la cual se colocó el adhesivo epóxico.

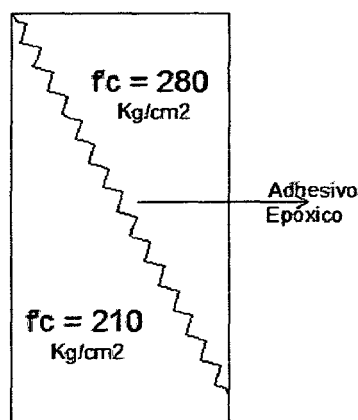


Figura 3.17. Plano de Unión
(La figura muestra f'_c referenciales)

Del tipo de concreto fresco vaciado sobre concreto endurecido, se realizaron 108 especímenes. Los cuales están distribuidos en 4 grupos:

Grupo A: Concreto fresco de 210 Kg/cm^2 de resistencia a compresión unido a Concreto endurecido de 175 Kg/cm^2 . Ángulo de plano de la junta a 30°

Grupo B: Concreto fresco de 280 Kg/cm^2 de resistencia a compresión unido a Concreto endurecido de 210 Kg/cm^2 . Ángulo de plano de la junta a 30°

Grupo C: Concreto fresco de 350 Kg/cm^2 de resistencia a compresión unido a Concreto endurecido de 280 Kg/cm^2 . Ángulo de plano de la junta a 30°

Grupo D: Concreto fresco de 280 Kg/cm^2 de resistencia a compresión unido a Concreto endurecido de 210 Kg/cm^2 . Ángulo de plano de la junta a 30° .

Del tipo de concreto endurecido unido a concreto endurecido se realizaron 16 especímenes. Los cuales fueron de una resistencia a compresión de 175 Kg/cm^2 unido a concreto 210 Kg/cm^2 .

Las tandas se realizaron en diferentes días.

Tomando en cuenta la capacidad de la mezcladora, fue elaborada la mezcla para una resistencia de 175 kg/cm^2 , sumando un total de 0.014 m^3 de concreto por tanda, distribuidos de la sgte manera:

Volumen para 15 mitades de cilindros de concreto de 75mm por 150mm;

3 cilindros de concreto de 75mm por 150mm; y 3 de 150mm x 300mm.

Los últimos 2 para comprobar la resistencia.

De la misma manera se procedió para las tandas de las otras resistencias.

3.6.2. EQUIPO Y HERRAMIENTAS:

3.6.2.1. Moldes:

Los Moldes fueron confeccionados para la realización de este estudio, adaptados de acuerdo a la norma ASTM C-882:

Cilindros rectos de $75 \pm 2 \text{ mm}$ de diámetro interior y $150 \pm 2 \text{ mm}$ de altura, fabricados de PVC (se usó tubería de 3"- clase 7.5, de la marca Nicoll, de acuerdo a la NTP ISO 4422) teniendo en cuenta que el material de los moldes no debe de ser atacado por mortero de cemento, además de ser lo suficientemente rígido para evitar la expansión y deformación del espécimen tanto en su estado fresco como endurecido; para lo cual se amarró los moldes mediante alambre N°16 y se selló una junta longitudinal efectuada en ellos, con cinta adhesiva, ésta junta nos permitirá un posterior desencofrado más fácil y se realizó con una cortadora,

también para éste propósito se aplicó una aceite al interior de la cara del molde, a manera de desmoldante.

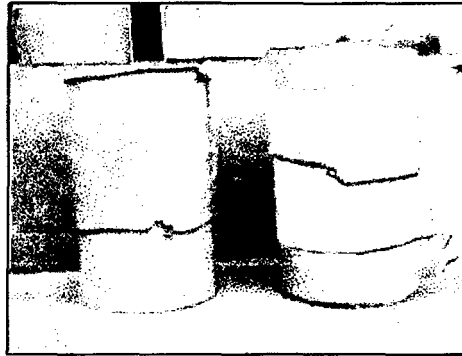


Fig. 3.18. Elaboración de una tanda de concreto

3.6.2.2. Sección Patrón:

Confeccionada de madera, se realizó una cuña, cuyo volumen es igual a la de la mitad interior del molde cilíndrico de PVC, con un ángulo de inclinación de 30° con respecto a la vertical.

Se elaboró en un torno, la madera escogida fue pino, por el bajo costo; para evitar la absorción de agua del concreto, se selló mediante un barniz impermeabilizante.

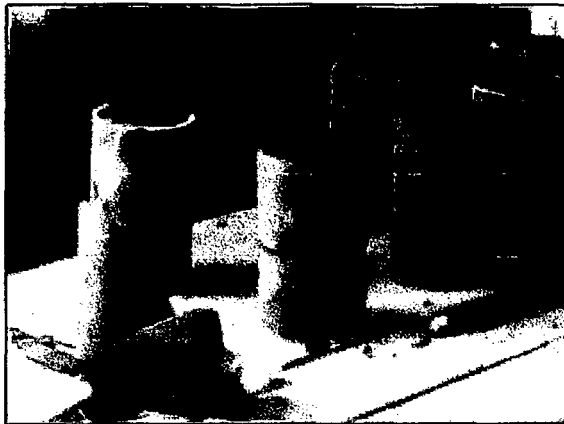


Fig. 3.19. Elaboración de una tanda de concreto

En la figura se observa los moldes de $3'' \times 15\text{cm}$, dentro de los cuales se encuentra la sección a 30° en cuyo plano inclinado se ha colocado el adhesivo, para proceder al vaciado del concreto fresco.

Sobre la cara del molde que da al concreto se colocó una malla de alambre galvanizado, a fin de obtener rugosidad, de acuerdo al requerimiento para el “agarre” del epóxico.

3.6.2.3. Balanza:

Se utilizó una balanza electrónica de ± 5 gr de aproximación, con una capacidad máxima de 30 kg. para pesar las cantidades de diseño de los materiales para las tandas de elaboración de concreto

3.6.2.4. Varilla Apisonadora:

Barra de acero de 3/8 in (10 mm) de diámetro y 12 in (300mm) aproximadamente de longitud

3.6.2.5. Mezcladora

Se empleó una mezcladora eléctrica de 5 pies cúbicos de capacidad, de tipo basculante con una velocidad de rotación de aproximadamente 20 RPM. En cualquier mezcladora es esencial que se produzca un intercambio suficiente de los materiales en diferentes partes de la cámara y no hay reglas en cuanto al orden de colocación de ingredientes.



Fig. 3.20. Elaboración de una tanda de concreto

También se hizo necesario el uso de otras herramientas como palas, baldes para pesar los materiales, carretilla para recoger la mezcla, cucharones para colocarla en los moldes, espátula y badilejo para el acabado, reglas, bolsas.

3.6.3. CONFECCIÓN DE LAS UNIDADES DE ESTUDIO PARA LAS SERIES DE ENSAYOS

3.6.3.1. Elaboración de Mitades de Menor Resistencia a Compresión:

Se confeccionaron mitades de cilindros de concreto colocando dentro de los moldes la sección patrón de madera y vaciando encima el concreto de la mezcla.

De la sgte. Manera se realizaron tandas para mezclas de 175 kg/cm^2 , 210 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 :

- a) Se pesó el cemento, grava, arena y agua especificados según la colada siguiendo las dosificaciones detalladas.
- b) Se humedeció los instrumentos necesarios para la fabricación del hormigón.
- c) Se vació el agregado grueso dentro de la mezcladora. Luego se agregó la arena y el cemento de manera alternada.
- d) Se mezcló los agregados con el cemento a una velocidad constante de 20 (rev/min) durante 10 minutos.

Con la mezcla homogeneizada se agregó el 75% del agua de amasado y se volvió a mezclar a la misma velocidad durante 5 minutos.

La mezcla ya preparada se vació en una carretilla

- e) Se colocaron los moldes en una superficie horizontal, rígida, nivelada y libre de vibraciones; dentro de los cuales se introdujo una sección de madera en cada uno de manera que quede como la mitad del cilindro inferior lleno.
- f) Se aplicó aceite desmoldante sobre las paredes interiores de los moldes, así como la cara de la sección de madera para asegurar el fácil desmolde de los prismas.
- g) El llenado del molde se realizó en tres capas de aproximadamente igual volumen, compactando cada capa con 25 golpes de la varilla de apisonado, distribuidos de manera uniforme sobre la sección y penetrando lo suficiente para alcanzar el fondo.

De acuerdo a lo especificado en la norma ASTM C-882, sección 7.

- h) Luego de compactar, se golpeó ligeramente por 15 veces con el mazo de goma, de manera lateral, para liberar las burbujas que pueden quedar atrapadas.
- i) Se enrasó el exceso de mezcla y se dio un acabado con la espátula, procurando dar el menor número de pasadas para producir una superficie lisa y plana.



Fig. 3.19 Elaboración de Especímenes de Prueba

j) Se cubrió los moldes y especímenes con una bolsa plástica; la norma recomienda una placa de vidrio o plástico.

k) Luego de 24 horas se desmoldaron los especímenes para llevar a cabo el curado, de acuerdo a la Norma C- 192 por los siguientes 28 días, previamente se las identificó con una descripción.



Fig. 3.20 Superficie Rugosa de Cara en Contacto luego de desmoldar los especímenes

3.6.3.2. Curado de los Especímenes Cilíndricos de Concreto:

El propósito del curado es mantener el concreto saturado o casi tan saturado como sea posible, hasta que el espacio originalmente lleno de agua en la pasta de cemento fresco se haya ocupado hasta el nivel deseado con los productos de hidratación del cemento.

La necesidad de curar surge del hecho de que la hidratación del cemento puede tener lugar sólo en los capilares. Más aún, la pérdida interna de agua por autodesecación tiene que ser reemplazada con agua desde el exterior, es decir, debe tener lugar el ingreso de agua dentro del concreto. [Neville,A.A y Brooks J.J. 1998.Tecnología del Concreto. 1.ed. Editorial Trillas. México. P138]

El curado se realizó en el Laboratorio de Ensayo, en el área de Máquinas y se cubrió con un plástico, para que no esté expuesta a los cambios de temperatura que se presentan en el estanque de curado que se encuentra a la intemperie.



Fig. 3.21 Curado de Probetas

3.6.3.3. Elaboración de la Mitad Restante del Espécimen de Concreto:

Transcurridos 28 días en el pozo de curado, las muestras fueron secadas en aire 24 horas.

- a) Se limpió las muestras con escobilla y fueron frotadas cuidadosamente con un trapo húmedo para prevenir que queden partículas de polvo que afectarían al epóxico.
- b) Se realizaron las tandas de concreto de igual manera como lo explica el ítem 3.3.1 de los pasos a) hasta d).
- c) Se colocaron los moldes en una superficie horizontal, rígida, nivelada y libre de vibraciones.

Ésta vez en el interior de ellos se colocó la sección de concreto obtenida previamente.

Se adquirió el epóxico Sikadur 32 Gel, en su presentación de 1Kg cuyo rendimiento obtenido fue 2 m².

a) Preparación

Previamente a su aplicación se debe limpiar la zona de contacto entre el concreto nuevo con el concreto antiguo, luego se aplica la mezcla preparada con una brocha de pintar de tres pulgadas. El concreto nuevo (concreto de reparación) debe ser vaciado máximo hasta dentro de las 3 horas de aplicado el epóxico.

El adhesivo viene en una presentación con dos componentes en envases distintos cada uno. Primero se procedió a revolver el componente A para evitar que quede sustancia asentada en el fondo y lograr una consistencia uniforme; seguidamente se vació el componente B, que es el reactivo, sobre el A; en proporción 2:1 según lo indicado por el fabricante y se mezcló de forma manual durante 4 minutos hasta asegurar la homogeneidad de la mezcla. Luego se aplicó el producto sobre la superficie de unión con una brocha siguiendo de manera rigurosa las indicaciones del fabricante y procurando de colocar el hormigón nuevo antes de 30 minutos de aplicado el puente de adherencia.



Fig. 3.22. Preparación del Epóxico



Fig. 3.23 Aplicación Epóxico

Una vez aplicado el adhesivo, la sección fue introducida dentro del molde.

d) De inmediato se efectuó el llenado de los moldes cuidando que sea antes de 30 minutos de colocado el puente de adherencia. Se realizó en tres capas de aproximadamente igual volumen, compactando cada capa con 25 golpes de la varilla de apisonado, distribuidos de manera uniforme sobre la sección y penetrando lo suficiente para alcanzar el fondo.

Luego de compactar, se golpeó ligeramente por 15 veces con el mazo de goma, de manera lateral, para liberar las burbujas que pueden quedar atrapadas.

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

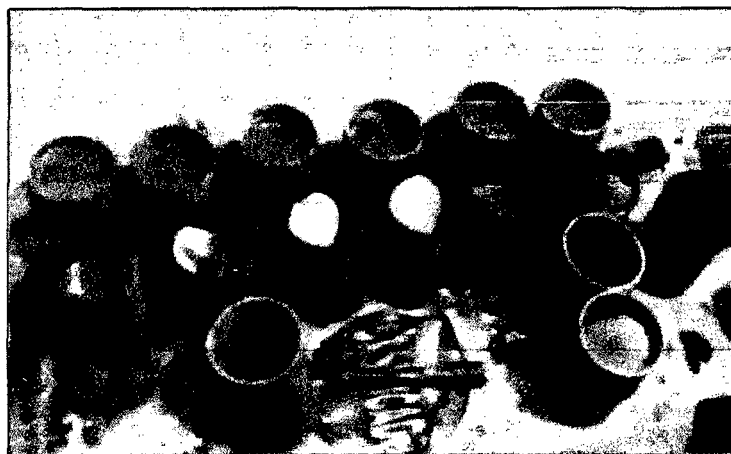


Fig. 3.24 Encofrado de Probetas

l) Luego de 24 horas se desmoldaron los especímenes para llevar a cabo el curado, de acuerdo, previamente se las identificó con una descripción.



Fig. 3.25 Enumeración de Especímenes

3.6.3.4. Elaboración de Especímenes de Concreto con Junta horizontal:

Los anteriores especímenes fueron elaborados como estipula la Norma, con una junta inclinada (30°); sin embargo se consideró necesario para este estudio, tomando en cuenta las condiciones de obra hacia las que van enfocadas las recomendaciones, evaluar especímenes con una junta horizontal, caracterizando el hecho de colocar una capa de concreto de mayor resistencia sobre una losa de menor $f'c$.

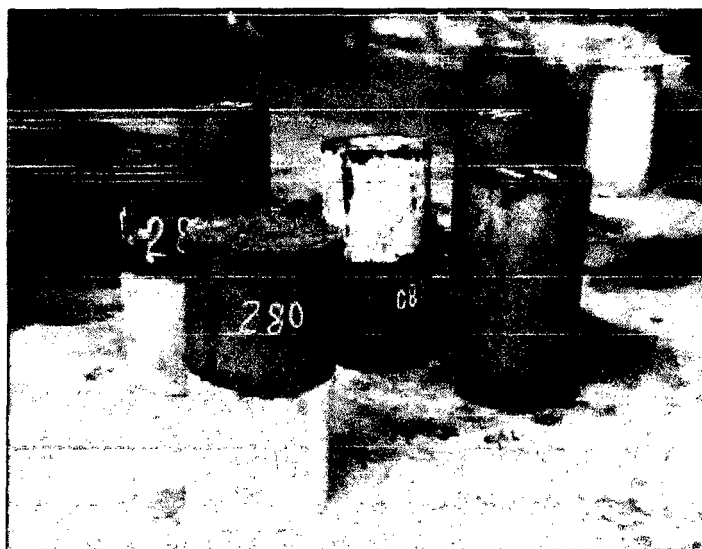


Fig. 3.26 Especímenes Enumerados

Para la primera Mitad se procedió de manera análoga a lo descrito en el ítem 3.3.1.

Se confeccionaron mitades de cilindros de concreto colocando mezcla hasta una marca que se marcó en la mitad al interior del molde.

3.7. ENSAYO A CORTE POR COMPRESIÓN DE LAS UNIDADES DE ESTUDIO

El diámetro y la altura del espécimen de prueba debe determinarse promediando las medidas de 2 diámetros perpendiculares entre sí a una altura media del espécimen y 2 alturas opuestas con una aproximación de 1 mm. Para medir el diámetro, es suficiente utilizar el compás de punta. Cuando la altura promedio del espécimen es menor de 1,8 veces el diámetro, el resultado de la resistencia debe corregirse por esbeltez de acuerdo a la Tabla. Los valores intermedios que no aparecen en la Tabla 2 deben calcularse por interpolación, no deberán ensayarse especímenes con relación diámetro a altura menor de 1:1

Tabla 3.8. Factores de Corrección por Esbeltez

Relación Altura/Diámetro del Especimen	Factor de Corrección a la Resistencia
2.00	1.0
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

Antes del ensaye, las bases de los especímenes o caras de aplicación de carga no se deben apartar de la perpendicular al eje en más de 0,5°, aproximadamente 3 mm en 300 mm, y no se permiten irregularidades respecto de un plano que exceda de 0,05 mm

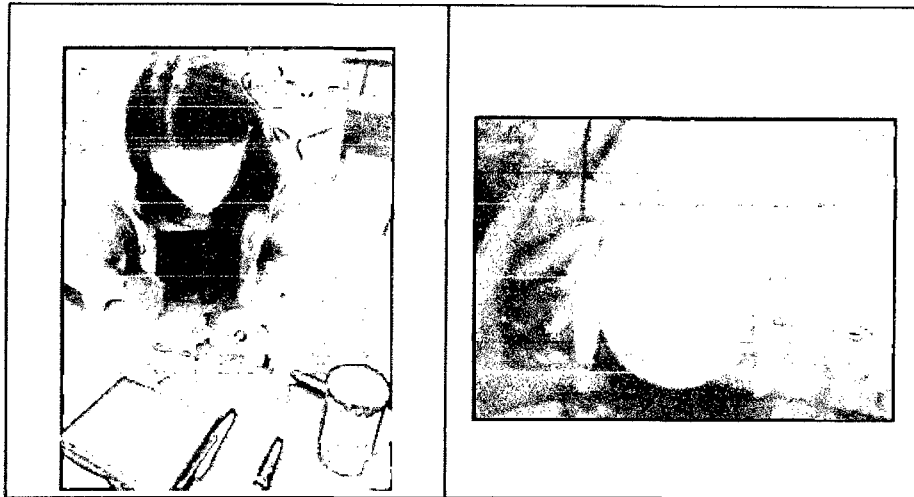


Fig. 3.27 Medida de especímenes, 3 alturas y 2 diámetros.

3.7.1. PROCEDIMIENTO

3.7.1.1. Colocación de especímenes

Se limpian las superficies de las placas superior e inferior y las cabezas del espécimen de prueba, se coloca este último sobre la placa inferior alineando su eje cuidadosamente con el centro de la placa de carga con asiento esférico; mientras la placa superior se baja hacia el espécimen asegurándose que se tenga un contacto suave y uniforme.

3.7.1.2. Velocidad de aplicación de carga

Se debe aplicar la carga con una velocidad uniforme y continua sin producir impacto, ni pérdida de carga. La velocidad de carga debe estar dentro del intervalo de 137 kPa/s a 343 kPa/s (84 kgf/cm²/min a 210 kgf/cm²/min) equivalente para un diámetro estándar de 15 cm a un rango de 2,4 kN/s a 6,0 kN/s (14,8 tonf/min a 37,1 tonf/min). Se permite una velocidad mayor durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima esperada siempre y cuando durante la segunda mitad se mantenga la velocidad especificada; pueden utilizarse máquinas operadas manualmente o motorizadas que permitan cumplir con lo anterior, teniendo en cuenta que sólo se harán los ajustes necesarios en los controles de la máquina de prueba para mantener uniforme la velocidad de aplicación de carga, hasta que ocurra la falla. Es recomendable colocar en la máquina, dispositivos para cumplir con los requisitos de seguridad para los operadores durante el ensaye del espécimen.

Los especímenes para la aceptación o rechazo de concreto deben ensayarse a la edad de 14 días, en el caso del concreto de resistencia rápida o 28 días, en el caso de resistencia normal con las tolerancias que se indican en la Tabla 3, para los especímenes extraídos de concreto endurecido aplicar las edades especificada en la NMX-C-169-0NNCCE.

Para aquellos especímenes en los cuales no se tenga una edad de prueba de las prescritas anteriormente, se ensayará con las tolerancias que se fijen en común acuerdo por los interesados.

3.7.1.3. Cálculo y expresión de los resultados

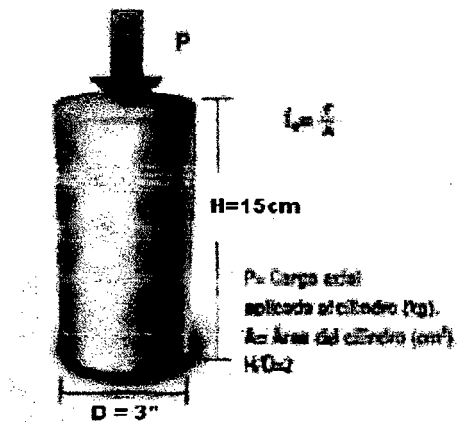


Fig. 3.28 Probeta Típica para Ensayo

Se calcula la resistencia a la compresión del espécimen, dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área promedio de la sección transversal determinada con el diámetro medido como se describe en el inciso "Colocación de especímenes". El resultado de la prueba se expresa con una aproximación de 100 kPa (1 kgf/cm). [IMCYC. 2008. El Concreto en Obra: Problemas, Causas y Soluciones. Boletín 15. Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto – Método de Prueba]

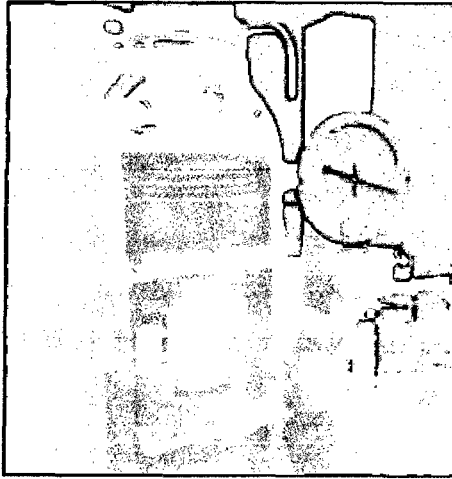


Fig. 3.29. Ensayo de especímenes - Máquina de ensayos.

3.7.1.4. Informe de la prueba

El registro de los resultados debe incluir los datos siguientes:

- a) Clave de identificación del espécimen.
- b) Edad nominal del espécimen.
- c) Diámetro y altura en centímetros, con aproximación a mm.
- d) Área de la sección transversal en cm^2 con aproximación al décimo,
- e) Masa del espécimen en kg.
- f) Carga máxima en N (kgf).
- g) Resistencia a la compresión, calculada con aproximación a 100 kPa (1 kgf/cm^2).
- h) Defectos observados en el espécimen o en sus cabezas.
- i) Descripción de falla de ruptura.

CAPITULO IV.

PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación vamos a analizar los resultados acotando las consideraciones preestablecidas para el estudio; luego de haber recolectado los datos, procesado los mismos y haber hecho el análisis del procesamiento de los datos recolectados

4.1. RESULTADOS DE PRUEBAS DE ESPECÍMENES CONSTITUIDOS POR CONCRETO DE DISTINTAS RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Se calculó la Resistencia de Especímenes conformados por concretos de distintas resistencias a compresión, los cuales estuvieron distribuidos en grupos muestrales donde variaba la resistencia, el ángulo de unión, la naturaleza del concreto.

4.1.1. ENSAYO DE RESISTENCIA A CORTE POR COMPRESIÓN DE CONCRETO FRESCO VACIADO SOBRE CONCRETO ENDURECIDO:

Se calculó la resistencia a compresión a la edad de 56 días para el concreto endurecido y 28 días para el concreto endurecido, unidos mediante epóxico en un ángulo de 30°, que en conjunto forman un espécimen monolítico. Adoptando la Norma ASTM C 882, se realizó el ensayo; y mediante la norma ASTM C 39, se caracterizó el tipo de falla.

4.1.1.1. ESPECIMENES SIN ADHESIVO EPÓXICO

Grupo de Probetas "A":

Resistencia Menor: 175 Kg/cm² (Edad de Curado: 56 días)

Resistencia Mayor: 210Kg/cm² (Edad de Curado: 28 días)

Ángulo de inclinación de Junta: 30°

Junta Fría: Sin Epóxico

Rugosidad: Buena

Tabla 4.1. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes

N° Prob.	Patrón	Diám(cm)	h	Área(cm ²)	Protura(ton)	f'c(kg/cm ²)	Falla
1	Mixta	7,91	15	49,14	5,8	118,03	súbita
2	Mixta	7,93	15	49,39	6,2	125,53	súbita
3	Mixta	7,82	15	48,03	7,2	149,91	súbita
4	Mixta	7,885	15	48,83	6,1	124,92	súbita
5	Mixta	7,89	15	48,89	6,5	132,94	súbita
6	Mixta	7,935	15	49,45	7,1	143,57	súbita
7	Mixta	7,835	15	48,21	6,2	128,59	súbita
8	Mixta	7,935	15	49,45	7,3	147,62	súbita
9	Mixta	7,885	15	48,83	6,4	174,06	súbita
10	Mixta	7,985	15	50,08	7,3	145,78	súbita
11	Mixta	7,86	15	48,52	6,3	172,84	súbita
12	Mixta	7,835	15	48,21	6,6	179,89	súbita
13	Mixta	7,835	15	48,21	7,1	147,26	súbita
14	Mixta	7,985	15	50,08	6,1	164,81	súbita
15	Mixta	7,835	15	48,21	5,9	165,37	súbita
16	Mixta	7,91	15	49,14	6,5	175,27	súbita

Observamos que las resistencias de los especímenes variaron desde 118.03kg/cm² hasta 179.89 kg/cm²

De los 16 especímenes probados, solamente 2 (Probeta N°16, y Probeta N° 12), alcanzaron un incremento de f'c, respecto a la parte de menos resistencia, es decir 175 kg/cm². Este incremento no es considerable, respectivamente es 175.27 y 179.89.

Tabla 4.1a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación

Muestra	x	x	(x - x) ²
2	125,53	149,8	587,74
3	149,91	149,8	0,018
4	124,92	149,8	617,74
5	132,94	149,8	283,29
6	143,57	149,8	38,47
7	128,59	149,8	448,63
8	147,62	149,8	4,66
9	147,26	149,8	6,32
10	145,78	149,8	16,01
11	174,06	149,8	589,97
12	179,89	149,8	906,95
13	172,84	149,8	531,92
14	164,81	149,8	226,09
15	165,37	149,8	243,26

16 175,27 149,8 650,10

n=16

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} = 20.263 \dots\dots\dots Ec.4.1$$

c.v. = 13.53%

Grupo de Probetas “B”:

Resistencia Menor: 210 Kg/cm² (Edad de Curado: 56 días)

Resistencia Mayor: 280Kg/cm² (Edad de Curado: 28 días)

Ángulo de inclinación de Junta: 30°

Junta Fría: Sin Epóxico

Rugosidad: Buena

Tabla 4.2. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes

Nº Prob.	Diám(cm)	h(cm)	Área(cm ²)	Protura(ton)	f'c (kg/cm ²)	Falla
11	7,9	15	49,5	6,9	139,5	súbita
8	7,9	15	48,6	6,9	142,0	súbita
6	7,9	15	49,0	7,1	144,8	súbita
10	7,9	15	49,2	7,5	152,4	súbita
14	7,9	15	49,3	7,9	160,2	súbita
2	7,9	15	49,1	8	162,8	súbita
13	7,9	15	48,6	8,1	166,7	súbita
16	8,0	15	50,0	8,5	170,0	súbita
15	7,9	15	48,8	8,3	170,2	súbita
4	7,9	15	49,1	8,5	173,2	súbita
12	7,9	15	49,3	8,7	176,6	súbita
5	8,0	15	49,8	9	180,9	súbita
18	7,9	15	48,6	8,8	181,1	súbita
17	7,9	15	48,9	9	184,1	súbita
9	7,9	15	48,8	9,2	188,4	súbita
1	7,9	15	49,2	9,4	191,0	súbita
3	7,9	15	49,1	9,5	193,6	súbita
19	8,0	16	49,8	10	200,7	súbita
7	7,8	15	48,3	10,1	209,2	súbita

Como podemos observar las fuerzas a compresión necesarias para hacer fallar los especímenes variaron desde 139. 5kg/cm² hasta 209.2 kg/cm²

Tabla 4.2a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación

Muestra	x	x	(x - x)
1	139,53	173,0	1121,80
2	142,02	173,0	960,91
3	144,85	173,0	793,77
4	152,43	173,0	424,07
5	160,15	173,0	165,59
6	162,80	173,0	104,56
7	166,72	173,0	39,67
8	169,95	173,0	9,44
9	170,19	173,0	8,02
10	173,19	173,0	0,03
11	176,60	173,0	12,76
12	180,85	173,0	61,32
13	181,13	173,0	65,76
14	184,08	173,0	122,19
15	188,41	173,0	236,65
16	191,05	173,0	324,82
17	193,57	173,0	422,05
18	200,70	173,0	765,82
19	209,22	173,0	1310,12

$$n=19$$

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = 19.68$$

$$c.v. = 11.35\%$$

Grupo de Probetas “C”:

Resistencia Menor: 280 Kg/cm² (Edad de Curado: 56 días)

Resistencia Mayor: 350Kg/cm² (Edad de Curado: 28 días)

Ángulo de inclinación de Junta: 30°

Junta Fría: Sin Epóxico

Rugosidad: Buena

Tabla 4.3. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes

Nº Prob.	Patrón	Diám(cm)	H(cm)	Área(cm ²)	Protura(ton)	f'c (kg/cm ²)	Falla
1	Mixta	7,91	15	49,14	9,8	199,43	súbita
2	Mixta	7,93	15	49,39	10,1	204,50	súbita
3	Mixta	7,82	15	48,03	10,8	224,86	súbita
4	Mixta	7,89	15	48,83	9,7	198,65	súbita

5	Mixta	7,90	15	48,95	11,4	232,87	súbita
6	Mixta	7,89	15	48,83	10	204,79	súbita
7	Mixta	7,84	15	48,21	10,6	219,86	súbita
8	Mixta	7,90	15	49,02	9,5	193,81	súbita
9	Mixta	7,84	15	48,21	11,3	234,37	súbita
10	Mixta	7,99	15	50,08	10,6	211,67	súbita
11	Mixta	7,89	15	48,89	10	204,53	súbita
12	Mixta	7,94	15	49,45	9,2	186,04	súbita
13	Mixta	7,84	15	48,21	10,4	215,71	súbita
14	Mixta	7,94	16	49,51	9,7	195,90	súbita
15	Mixta	7,86	17	48,52	10,4	214,34	súbita

Tabla 4.3a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación

Muestra	x	\bar{x}	$(x - \bar{x})^2$
1	199,43	209,4	99,90
2	204,50	209,4	24,26
3	224,86	209,4	238,48
4	198,65	209,4	116,12
5	232,87	209,4	549,76
6	204,79	209,4	21,46
7	219,86	209,4	108,88
8	193,81	209,4	243,67
9	234,37	209,4	622,66
10	211,67	209,4	5,07
11	204,53	209,4	23,93
12	186,04	209,4	546,74
13	215,71	209,4	39,52
14	195,90	209,4	182,75
15	214,34	209,4	24,17

$$n=15$$

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} = 14.26$$

$$c.v. = 6.8\%$$

TIPO DE FRACTURA: La Fractura de los especímenes se realizó de manera súbita, colapsando de manera explosiva, en el plano de unión. La fractura es tipo D, que manifiesta una falla por Cizalle, que pudo ser producida por falta de adherencia en las caras de unión del concreto.

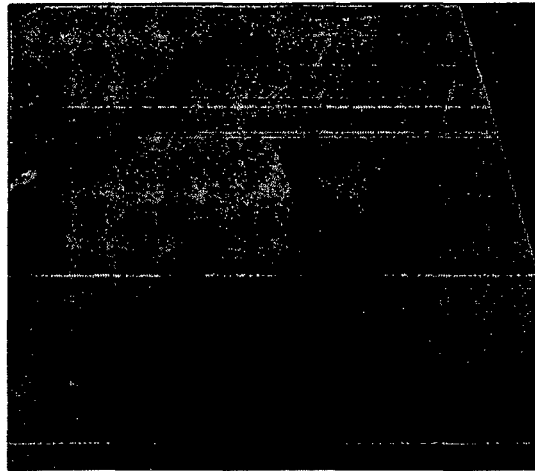


Fig.4.1 Falla típica Tipo D

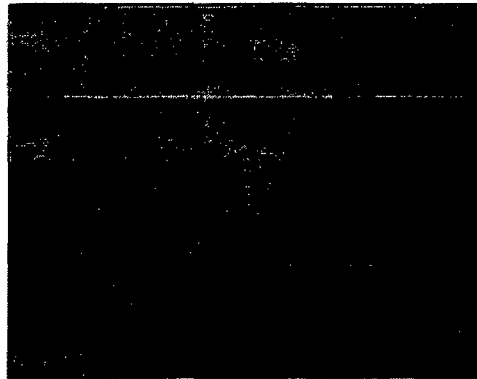


Fig. 4.2 Caras de la fractura de Espécimen

Los especímenes de resistencias diferentes, unidos sin adhesivo epóxico, fallaron súbita y explosivamente. En la cara del concreto endurecido se realizó el tratamiento de superficie para obtener rugosidad, mediante malla tipo gallinero galvanizada; luego se vació el concreto fresco simplemente una junta fría.

4.1.1.2. ESPECIMENES CON ADHESIVO EPÓXICO

Grupo de Probetas “A”:

Resistencia Menor: 175Kg/cm² (Edad de Curado: 56 días)

Resistencia Mayor: 210 Kg/cm² (Edad de Curado: 28 días)

Epóxico: Sikadur 32 Gel

Ángulo de inclinación de Junta: 30°

Rugosidad: Sí, mediante malla de gallinero galvanizada

Tabla 4.4. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes

Nº Prob.	Diám(cm)	h(cm)	Area	Protura(ton)	f'c (kg/cm ²)	Falla
11	7,9	15	49,1	10	202,7	dúctil

2	7,9	15	49,4	9,2	185,5	dúctil
3	7,8	15	48,0	9,8	203,4	súbita
4	7,9	15	48,8	11,0	224,4	súbita
5	7,9	15	48,9	9,5	193,5	dúctil
6	7,9	15	49,5	10,5	211,4	dúctil
7	7,8	15	48,2	9,7	200,5	dúctil
8	7,9	15	49,5	10	201,3	dúctil
9	7,8	15	48,2	9,4	194,3	dúctil
10	8,0	15	50,1	10,1	200,7	dúctil
11	7,9	15	48,8	10	204,0	dúctil
12	7,8	15	48,2	9,5	196,4	dúctil
13	7,9	15	49,0	9	182,9	dúctil
14	7,9	15	49,5	8,5	170,9	dúctil
15	7,9	15	48,5	8	164,3	dúctil
16	7,9	15	48,5	8,2	168,4	dúctil

Tabla 4.4a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación

Muestra	x	x	$(x - \bar{x})^2$
1	202,65	200,1	6,69
2	185,47	200,1	213,21
3	203,38	200,1	10,94
4	224,39	200,1	591,5
5	193,53	200,1	42,67
6	211,4	200,1	128,34
7	200,5	200,1	0,19
8	201,33	200,1	1,59
9	194,3	200,1	33,27
10	200,71	200,1	0,41
11	203,99	200,1	15,38
12	196,37	200,1	13,69
13	182,87	200,1	295,84
14	170,91	200,1	850,35
15	164,27	200,1	1281,37

$$n=15 \quad \delta= 15.7 \quad c.v= 7.8\%$$

TIPO DE FRACTURA: Los especímenes mixtos unidas mediante adhesivo epóxico presentaron una fractura Tipo E, que manifiesta una falla Columa, de manera progresiva. La desintegración se produjo de manera dúctil en la pasta y algunas areniscas de los agregados.

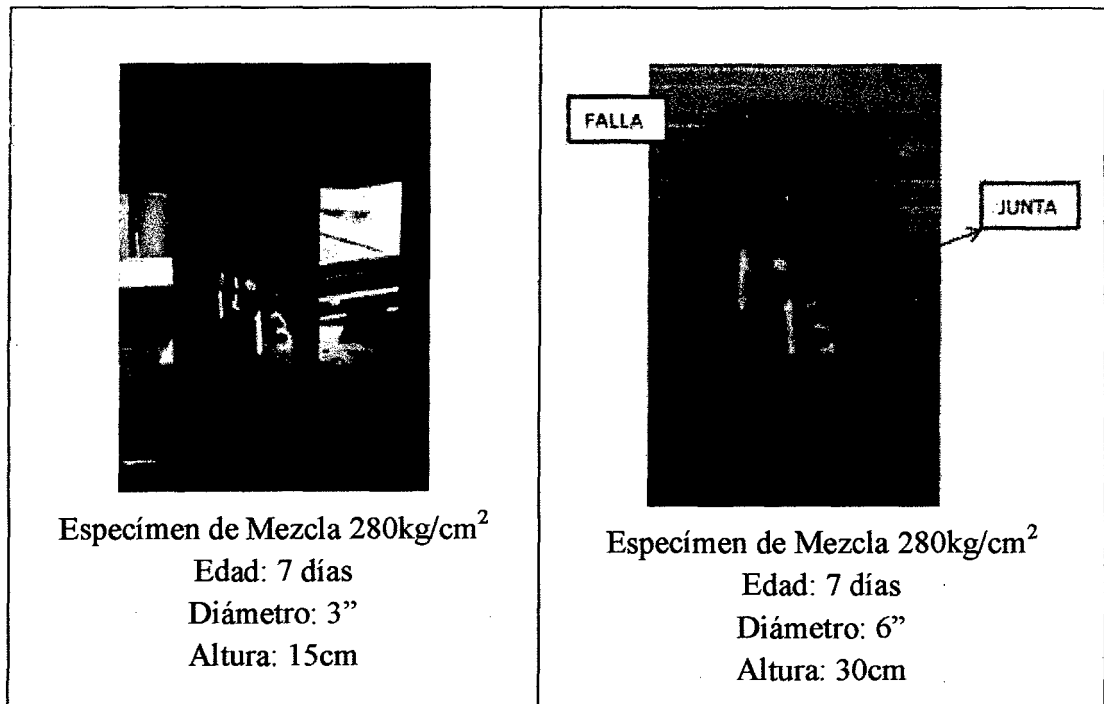


Fig. 4.3 Falla Típica de Probeta de Concreto Endurecido + C. Fresco unidos Mediante Adhesivo Epóxico

Los especímenes de resistencias diferentes, unidos mediante adhesivo epóxico, fallaron dúctil y progresivamente. Ésta Falla no se presentó en el plano de unión

Grupo de Probetas “B”:

Resistencia Menor: 210Kg/cm² (Edad de Curado: 56 días)

Resistencia Mayor: 280 Kg/cm² (Edad de Curado: 28 días)

Epóxico: Sikadur 32 Gel

Ángulo de inclinación de Junta: 30°

Rugosidad: Buena

Tabla 4.5. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes

Nº Prob.	Patrón	Diám(cm)	h	Área (cm ²)	Protura(ton)	f'c (kg/cm ²)	Falla
15	Mixta	7,84	15	48,21	10	207,41	dúctil
1	Mixta	7,89	15	48,83	11,5	235,51	dúctil
2	Mixta	7,90	15	48,95	11,7	239,00	dúctil
13	Mixta	7,99	15	50,08	12	239,63	dúctil
7	Mixta	7,84	15	48,21	11,8	244,75	dúctil
3	Mixta	7,89	15	48,89	12	245,44	dúctil
6	Mixta	7,85	15	48,40	12	247,94	dúctil
5	Mixta	7,92	15	49,20	12,2	247,95	dúctil
14	Mixta	7,89	15	48,83	12,4	253,94	dúctil
8	Mixta	7,91	15	49,08	12,5	254,69	dúctil

9	Mixta	7,84	16	48,21	12,5	259,26	dúctil
4	Mixta	7,97	15	49,83	13	260,90	dúctil
10	Mixta	7,94	15	49,45	13	262,88	dúctil
11	Mixta	7,84	15	48,21	12,7	263,41	dúctil
12	Mixta	7,84	15	48,21	13	269,63	dúctil

Tabla 4.5 a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación

Muestra	x	x	$(x - \bar{x})^2$
1	235,51	248,8	177,31
2	239,00	248,8	96,56
3	245,44	248,8	11,48
4	260,90	248,8	145,96
5	247,95	248,8	0,76
6	247,94	248,8	0,77
7	244,75	248,8	16,63
8	254,69	248,8	34,45
9	259,26	248,8	109,01
10	262,88	248,8	197,63
11	263,41	248,8	212,84
12	269,63	248,8	433,11
13	239,63	248,8	84,51
14	253,94	248,8	26,16
15	207,41	248,8	1714,96

$n=15$

$\delta = 10.5$

c.v = 4.2%

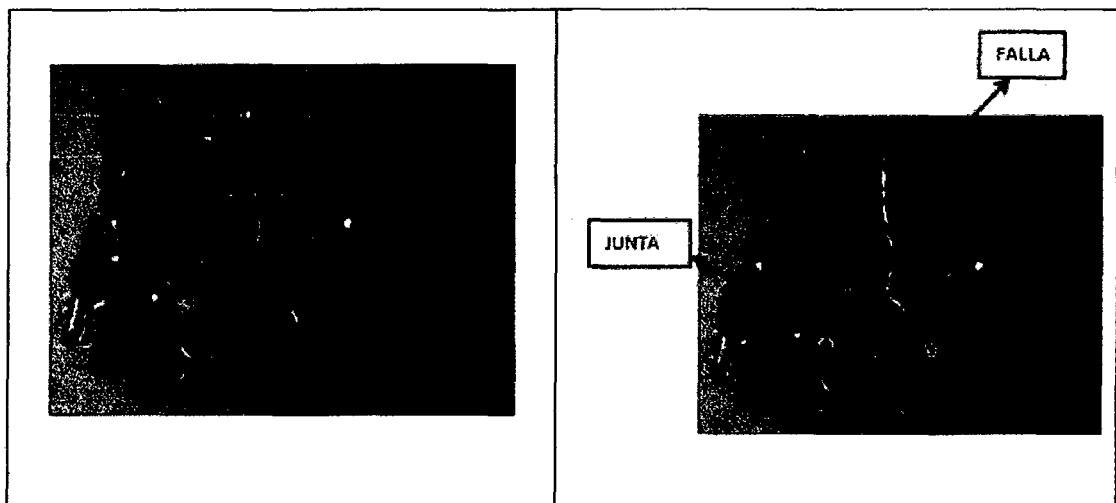


Fig. 4.4 Falla Típica de Espécimen de Concretos de distintas Resistencias Unida Mediante Adhesivo Epóxico

A continuación se muestra el Gráfico Esfuerzo vs. Deformación Típico de las Probetas con Adhesivo Epóxico. (El diagrama es de la Probeta N°8, similar para las demás)

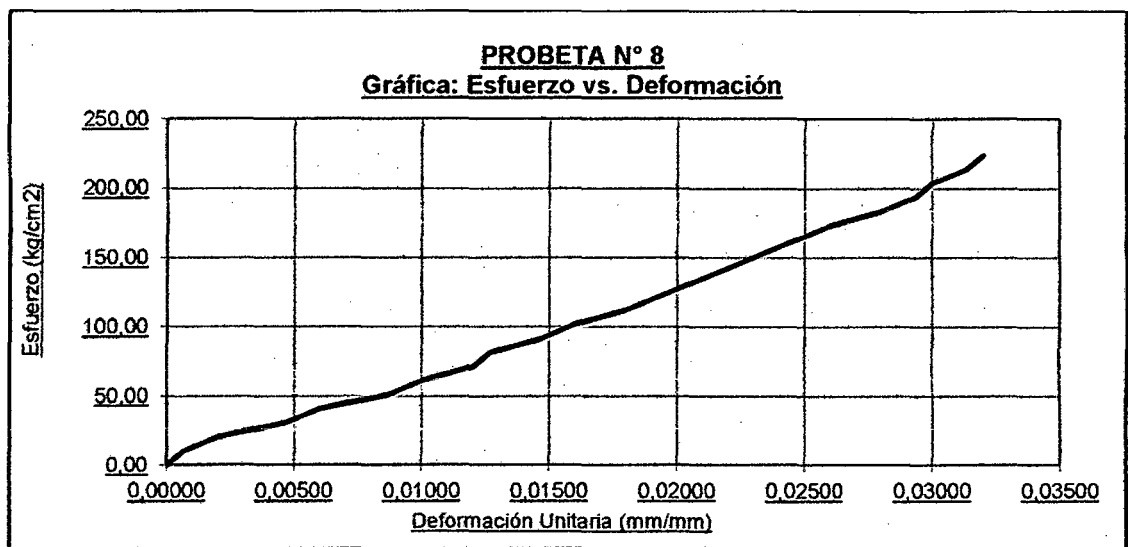


Fig. 4.5 Esfuerzo – Deformación Probeta N° 8

Grupo de Probetas “C”:

Resistencia Menor: 280Kg/cm² (Edad de Curado: 56 días)

Resistencia Mayor: 350 Kg/cm² (Edad de Curado: 28 días)

Epóxico: Sikadur 32 Gel

Ángulo de inclinación de Junta: 30°

Rugosidad: Buena

Tabla 4.6. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes

Nº Prob.	Patrón	Diám(cm)	H(cm)	Área(cm ²)	Protura(ton)	f'c (kg/cm ²)	Falla
1	Mixta	7,90	15	48,95	14,6	298,24	dúctil
2	Mixta	7,90	15	48,95	15,2	310,49	dúctil
3	Mixta	7,90	15	48,95	16,5	337,05	dúctil
4	Mixta	7,98	15	49,95	17,1	342,33	dúctil
5	Mixta	7,85	15	48,40	16,9	349,19	dúctil
6	Mixta	7,93	15	49,33	15,7	318,28	dúctil
7	Mixta	7,84	15	48,21	14,3	296,60	dúctil
8	Mixta	7,84	15	48,21	16,2	336,01	dúctil
9	Mixta	7,84	16	48,21	16,1	333,93	dúctil
10	Mixta	7,84	15	48,21	15,5	321,49	dúctil
11	Mixta	7,90	15	49,02	14,4	293,78	dúctil
12	Mixta	7,90	15	49,02	15,1	308,06	dúctil
13	Mixta	7,82	15	48,03	13,7	285,24	dúctil
14	Mixta	7,89	15	48,83	16,2	331,76	dúctil

15	Mixta	7,90	15	48,95	14,6	298,24	dúctil
16	Mixta	7,86	16	48,52	15,4	317,38	dúctil

Tabla 4.6 a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación

Muestra	x	x	$(x - \bar{x})^2$
1	298,2	317,4	366,46
2	310,5	317,4	47,43
3	337,0	317,4	386,84
4	342,3	317,4	622,59
5	349,2	317,4	1011,77
6	318,3	317,4	0,82
7	296,6	317,4	431,82
8	336,0	317,4	347,00
9	333,9	317,4	274,03
10	321,5	317,4	16,88
11	293,8	317,4	557,00
12	308,1	317,4	86,86
13	285,2	317,4	1032,58
14	331,8	317,4	206,78
15	298,2	317,4	366,46
16	317,4	317,4	0,00

$n = 16$ $\sigma = 19.5$ $c.v = 6.1 \%$

Grupo de Probetas “D”:

Resistencia Menor: 210 Kg/cm² (Edad de Curado: 56 días)

Resistencia Mayor: 280 Kg/cm² (Edad de Curado: 28 días)

Epóxico: Sikadur 32 Gel

Ángulo de inclinación de Junta: 180°

Rugosidad: Buena

Tabla 4.7. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes

Nº Prob.	Diám(cm)	H(cm)	Área	Protura(ton)	f'c (kg/cm ²)	Falla
1	15,24	30,00	182,4	52,40	287,3	dúctil
2	15,24	30,00	182,4	49,50	271,4	dúctil
3	15,24	30,00	182,4	51,00	279,6	dúctil
4	15,24	30,00	182,4	47,80	262	dúctil
5	15,24	30,00	182,4	58,30	319,6	dúctil
6	15,24	30,00	182,4	51,30	281,2	dúctil
7	15,24	30,00	182,4	48,10	263,7	dúctil
8	15,24	30,00	182,4	40,50	222	dúctil

9	15,24	30,00	182,4	50,70	277,9	dúctil
10	15,24	30,00	182,4	43,50	238,5	dúctil
11	15,24	30,00	182,4	45,00	246,7	dúctil

Tabla 4.7 a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación

Muestra	x	x	$(x - \bar{x})^2$
1	287,26	268,2	364,33
2	271,36	268,2	10,17
3	279,58	268,2	130,25
4	262,04	268,2	37,58
5	319,60	268,2	2645,17
6	281,23	268,2	170,49
7	263,68	268,2	20,12
8	222,02	268,2	2129,69
9	277,94	268,2	95,41
10	238,47	268,2	882,24
11	246,69	268,2	461,37

$$n = 11 \quad \sigma = 25 \quad c.v = 9.8 \%$$

4.1.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A CORTE POR COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO SOBRE CONCRETO ENDURECIDO:

Se calculó la resistencia a compresión a la edad de 28 días para cada mitad de concreto endurecido, unidos mediante epóxico en un ángulo de 30°, que en conjunto forman un espécimen monolítico.

Adoptando la Norma ASTM C 882, se realizó el ensayo; y mediante la norma ASTM C 39, se caracterizó el tipo de falla.

Grupo de Probetas "A":

Resistencia Menor: 210 Kg/cm² (Edad de Curado: 56 días)

Resistencia Mayor: 280 Kg/cm² (Edad de Curado: 28 días)

Ángulo de inclinación de Junta: 30°

Junta Fría: Con Epóxico

Rugosidad: Buena

Tabla 4.8. Registros de Ensayos de Compresión a Rotura de los Especímenes

Nº	Prob.	Diam(cm)	h	Area	Protura(ton)	f'c (kg/cm ²)	Falla
1	1	7.9	15,00	49.2	9.5	193.1	súbita
2	2	7.9	15,00	49.1	8.7	177.0	dúctil

3	7.9	15,00	49.1	7.9	161.0	dúctil
4	7.9	15,00	49.1	8.6	175.2	dúctil
5	8.0	15,00	49.8	8.2	164.8	dúctil
6	7.9	15,00	49.0	7.9	161.2	súbita
7	7.8	15,00	48.3	9.5	196.8	dúctil
8	7.9	15,00	48.6	10.3	212.0	dúctil
9	7.9	15,00	48.8	9.4	192.5	dúctil
10	7.9	15,00	49.2	8.7	176.8	súbita
11	7.9	15,00	49.5	9.7	196.1	súbita
12	7.9	15,00	49.3	10.4	211.1	dúctil
13	7.9	15,00	48.6	9.8	201.7	dúctil
14	7.9	15,00	49.3	10.1	204.8	súbita
15	7.9	15,00	48.8	9.3	190.7	súbita
16	8.0	15,00	50.0	10.2	203.9	dúctil

Tabla 4.8 a. Cálculo de la desviación estándar y Coeficiente de Variación

Muestra	x	x	$(x - \bar{x})^2$
1	193,1	317,4	15445,08
2	177,0	317,4	19706,05
3	161,0	317,4	24454,16
4	175,2	317,4	20214,65
5	164,8	317,4	23280,12
6	161,2	317,4	24391,65
7	196,8	317,4	14539,11
8	121,0	317,4	38564,42
9	192,5	317,4	15594,58
10	176,8	317,4	19762,24
11	196,1	317,4	14708,41
12	211,1	317,4	11295,07
13	201,7	317,4	13381,46
14	204,8	317,4	12673,86
15	190,7	317,4	16047,38
16	203,9	317,4	12877,31

$$n = 16 \quad \sigma = 140 \quad c.v = 44 \%$$

4.2. ANALISIS DE RESULTADOS

Los datos procesados para la estimación del aporte en la resistencia a compresión para el tipo de tratamiento concreto fresco vaciado sobre concreto endurecido (con junta fría y junta mediante adhesivo), son los que tomaremos en cuenta en este análisis. Los especímenes de concreto endurecido unido a concreto endurecido

serán obviados en éste análisis, debido al elevado coeficiente de variación y la desviación estándar supera a 100.

En general, los especímenes unidos sin adhesivo epóxico, fallaron por cizalle en el plano de la junta. La falla de todos ellos fue súbita y explosiva, ninguna de las pruebas individuales de especímenes alcanzó el promedio esperado.

De 50 especímenes ensayados, de concreto fresco vaciado sobre concreto endurecido, teniendo como único tratamiento la rugosidad de la superficie, sólo 2 de éstas pruebas alcanzaron y superaron mínimamente a la resistencia del concreto de menor $f'c$; todas las demás no consiguieron siquiera igualar a ésta mitad de concreto menos favorecido

Concreto de Menor $f'c$	Concreto de Mayor $f'c$	Promedio Esperado	Promedio Obtenido	%Aumento al menor $f'c$	Variación Respecto al Promedio Esperado(kg/cm ²)
175	210	192,5	149,8	-14,4000	-42,7
210	280	245	173	-17,6190	-72
280	350	315	209,4	-25,2143	-105,6

El porcentaje de decremento varía a partir de 14% y se va haciendo mayor a medida que los $f'c$ de ensayo también lo hacen.

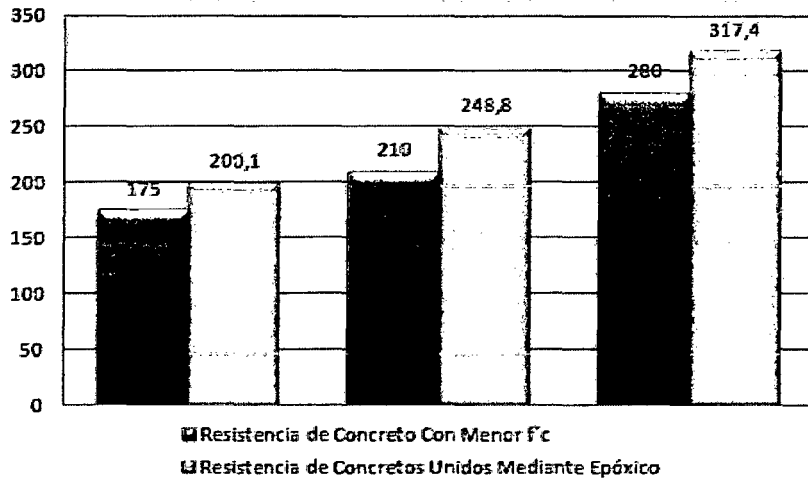
Por otro lado, los especímenes que si se unieron con adhesivo epóxico, presentaron una falla tipo E, en la que no existían fisuras a través del plano de corte, los especímenes fallaron monolíticamente de manera dúctil. Todas las pruebas superaron por lo menos, a la resistencia del concreto de menor $f'c$.

Concreto de Menor $f'c$	Concreto de Mayor $f'c$	Promedio Esperado	Promedio Obtenido	%Aumento al menor $f'c$	Variación Respecto al Promedio Esperado(kg/cm ²)
175	210	192,5	200,1	14,3429	7,6
210	280	245	248,8	18,4762	3,8
280	350	315	317,4	13,3571	2,4

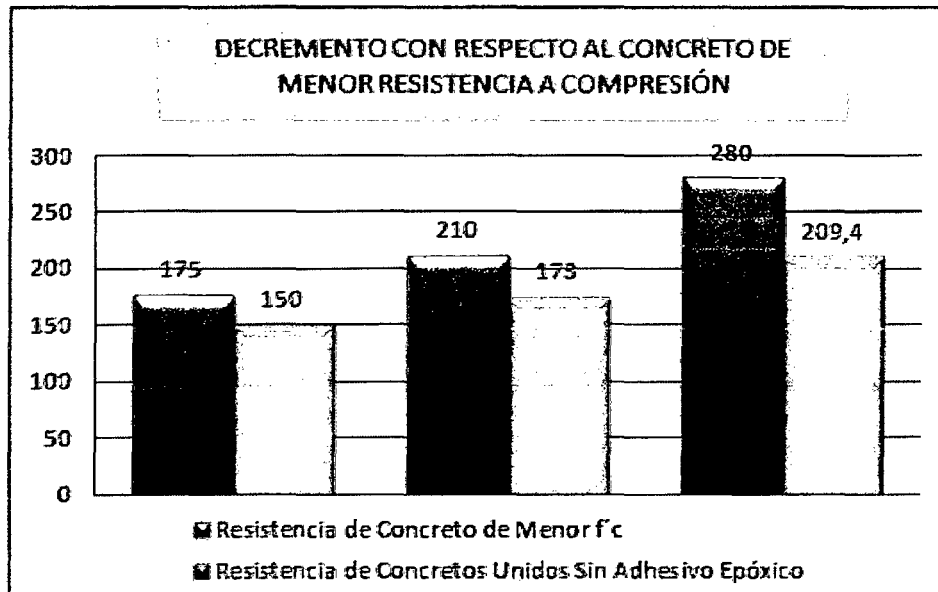
El porcentaje de incremento supera el 10%, que se planteó en la hipótesis.

Los siguientes gráficos muestran, en resumen, el aporte en la resistencia a compresión del elemento en conjunto, conformado por una parte de menor $f'c$ y otra de mayor $f'c$, El primero, de los especímenes unidos mediante adhesivo; el segundo, de las mitades unidas sin adhesivo; ambos comparados con la resistencia de la mitad del $f'c$ menor.

INCREMENTO CON RESPECTO AL CONCRETO DE MENOR RESISTENCIA A COMPRESIÓN



DECREMENTO CON RESPECTO AL CONCRETO DE MENOR RESISTENCIA A COMPRESIÓN



Notamos que aumenta la resistencia a compresión, con respecto al elemento menos favorecido en cuanto a f'c. Se logró un incremento cuando el elemento está unido mediante adhesivo epóxico.

Además se realizaron 11 especímenes cuya junta era horizontal, como era de esperarse, éstos resistieron mucho más que el promedio entre los concretos de menor f'c unido al de mayor f'c, la falla también fue tipo columna.

Concreto de Menor f'c	Concreto de Mayor f'c	Promedio Esperado	Promedio Obtenido	%Aumento al menor f'c	Variación Respecto al Promedio Esperado(kg/cm ²)
210	280	245	268,2	27,7143	23,2

Los Coeficientes de Variación, obtenidos en las pruebas varían desde 4% a 8% con lo que el grado de control, lo menciona Riva,[2007], es bobtenible únicamente en ensayos de laboratorio (C.V=5%), y excelente en obra(10% a12%) Vamos a analizar La desviación de los ensayos, la cual es típica. Es importante mostrarla, para contrastarla con la desviación estándar. A continuación, se presenta el cuadro de frecuencias de f_c , Donde, para un intervalo $i = 10(\text{kg/cm}^2)$:
 L_i y L_s : Límite Superior y Límite Inferior;

F : Frecuencia

Tabla 4.9. Tabla de Frecuencias

L_i	L_s	f	$(L_i+L_s)/2$
131,4	141,4	1	136,4
141,4	151,4	2	146,4
151,4	161,4	2	156,4
161,4	171,4	4	166,4
171,4	181,4	4	176,4
181,4	191,4	3	186,4
191,4	201,4	2	196,4
201,4	211,4	1	206,4

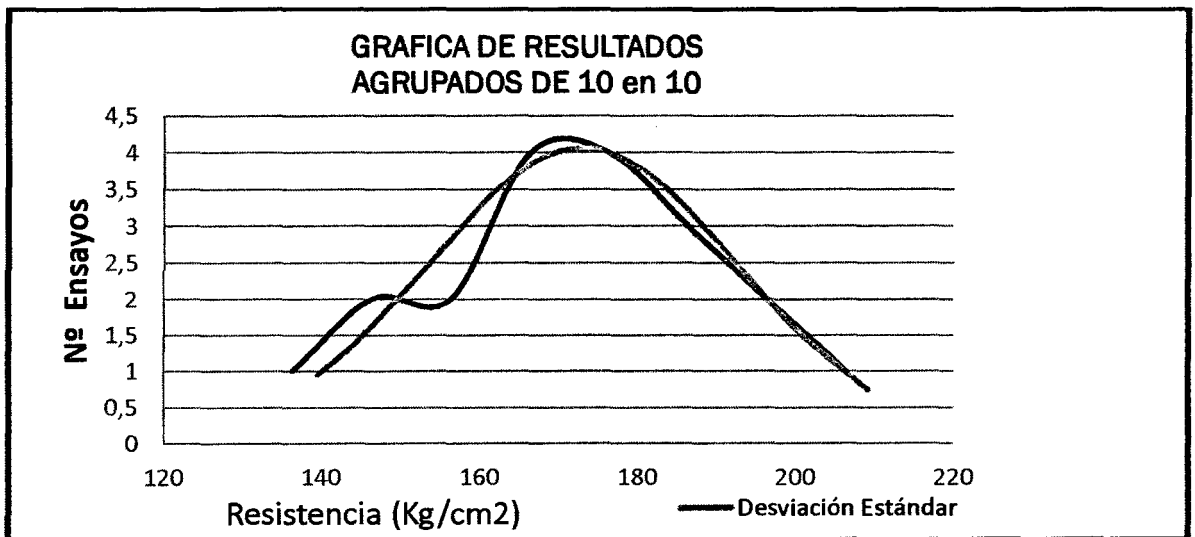


Fig. 4.6 Desviación Estándar contrastada con Resultados agrupados

Los resultados obtenidos se acercan a la Campana de Gauss, por lo que estadísticamente están acertados y pueden usarse como pruebas de hipótesis.

CAPITULO V. CONCLUSIONES

1. Un elemento de concreto de mayor resistencia a compresión ($f'c$), sí aporta resistencia a un elemento de menor $f'c$, unidos mediante adhesivo epóxico.

El incremento en resistencia a compresión, con respecto al de menor $f'c$ es mayor a 12%.

La unión de un elemento de concreto de mayor $f'c$, a otro de menor $f'c$, mediante adhesivo, es válida para incrementar el valor de la resistencia de éste último.

Se puede tomar el presente estudio para definir las pautas en cuanto a resistencias y diseñar el requerimiento de un elemento de concreto al que se desee aumentar el $f'c$. Así como para realizar estudios con más profundidad.

2. El elemento conformado por dos concretos de distintas resistencias, unidos mediante adhesivo epóxico, actuó como uno solo, y en los ensayos a compresión ninguno fallo en el plano de junta.

Los especímenes unidos mediante este puente de adherencia trabajaron monolíticamente.

Los especímenes unidos simplemente con junta fría fallaron súbita explosivamente por el plano de la junta.

Los aspectos que influyeron en la eficiencia de la junta con aditivo fueron la limpieza, la rugosidad y el grosor de la capa de adhesivo epóxico, así como su tiempo de aplicación. Mientras que no se logró el agarre de concreto endurecido con concreto fresco en los especímenes sin tratamiento adhesivo.

La rigidez de las unidades de estudio en donde se aplicó adhesivo epóxico se analizó mediante gráficas de esfuerzo vs. Deformación, en los que se concluye que el tramo elástico es el que predomina, el tiempo en el que el elemento presenta comportamiento plástico, es muy corto. La falla es dúctil.

3. Los Especímenes Mixtos presentan un incremento en su resistencia de acuerdo al método de unión, los que presentaban puente de adherencia,

incrementaron su resistencia en más de 12% la resistencia del concreto de menor $f'c$.

De los cuales, las probetas del grupo A: 175 kg/cm² a 210 kg/cm², cuyo promedio es 192.5 kg/cm², obtuvieron una resistencia última de 200.1 kg/cm², aumentando 7.6 kg/cm² respecto a éste promedio

Las probetas del grupo B: 210 kg/cm² a 280 kg/cm², cuyo promedio es 245 kg/cm², obtuvieron una resistencia última de 248.8 kg/cm², aumentando 3.8 kg/cm² respecto a éste promedio; y de las mismas resistencias, con junta horizontal, alcanzaron 268.2 kg/cm², aumentando 23.2 kg/cm², respecto a ése promedio.

Y las del grupo C de 280 kg/cm² a 350 kg/cm², cuyo promedio es 315 kg/cm² obtuvieron como resistencia última 317.4 kg/cm², aumentando 2.4 kg/cm² respecto a éste promedio.

Los especímenes mixtos sin el adhesivo epóxico, presentaron un decremento de entre 14% a 25% con respecto al menor y de 28% a 40% con respecto al mayor. Por lo que no se recomienda, aplicar concreto sin algún sistema de adhesión o anclaje a otro elemento de concreto.

4. De acuerdo a los mejores resultados favorables, se verifica en primer lugar la importancia de realizar un tratamiento de superficie, en los elementos de concreto a unir, para que la rugosidad genere más fuerza de adhesión, y en segundo lugar realizar un adecuado diseño de mezcla en el concreto que aportará mayor resistencia.

Por último se propone éste método como reparación estructural en concretos antiguos que no alcancen la resistencia a compresión para la que están diseñados, o en concretos nuevos que por errores no han alcanzado el $f'c$ del esperado; teniendo en cuenta que los valores de este trabajo son referenciales y se puede obtener muchas más combinaciones de resistencias, de acuerdo al requerimiento de la obra.

BIBLIOGRAFIA

- Archila, G. 2007. Evaluación sobre adherencia entre concreto antiguo y concreto un nuevo con dos tipos de Epóxicos. Tesis Ing. Civil Universidad San Carlos de Guatemala
- Rodríguez, JP. 2012. Estudio Comparativo del Comportamiento Mecánico y Permeabilidad de Juntas Frías de Hormigonado Materializadas con Mallas Metálicas Reglamento. Tesis Ing. Civil. Universidad de Chile
- Austin S., Robins P., y Pan Y. 1999. Shear bond Testing of Concrete Repairs. Journal Cement and Concrete Research. (Scientific Article 29)
- Billy D. Neeley, Toy Spotswood Poole, United States. Army. Corps of Engineers, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Methods of preparing horizontal construction joints in mass concrete, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1996.
- IMCYC, 2006. El Concreto en Obra: Problemas, causas y Soluciones, Boletín 5.
- Kreigh, J. D. (1976). Arizona Slant Shear Test: A Method to Determine Epoxy Bond Strength. ACI Journal, 73, (7), 372-373.
- Manual de Tecnología del Concreto. Federación Eléctrica [CFE Comisión Federal de Electricidad. 2002.
- Manual de Tecnología de Concreto, Volumen 1. Ed Limusa. México]
- Manual IMCYC. El concreto en Obra: Problemas, Causas y Soluciones - Instituto Mexicano del Concreto y Cemento.
- Tecnología de la Adhesión. Marlo Madrid. Departamento Técnico de Loctite España.
- Tecnología del Concreto. Limusa McGrawHill.
- Tecnología del Concreto. Diseño de Mezclas. Enrique Rivva López 2da Edición -2007
- Tesis: "Estudio comparativo del comportamiento Mecánico y permeabilidad de juntas frías de Hormigonado materializadas con mallas Metálicas". - Universidad de Chile. Juan Pablo Rodríguez Ayuso -2012
- Rodríguez, JP. 2012. Estudio Comparativo del Comportamiento Mecánico y Permeabilidad de Juntas Frías de Hormigonado Materializadas con Mallas Metálicas Reglamento. Tesis Ing. Civil. Universidad de Chile
- SM International Handbook Committee. Volume 3, ENGINEERED MATERIALS HANDBOOK. "Adhesives and Sealants". ASM International. (1990).
- S. Paz Abuín in "Epoxy Polymers. New Materials and Innovations", Chapter 11, J.P. Pascault and R.J.J. Williams, Ed., Wiley-VCH, Weinheim (2010).
- Wall, J.S., y Shrive, N.G., Factors Effecting Bond between New and Old Concrete. ACI Materials Journal, 85, (2), 117-25. 1988.

ANEXOS



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

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



SCC-REG-86-C0002 -
Versión 01

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 01 de marzo del 2012

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	1.9	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.6	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	2.6	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.61	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.16	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3940	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.13	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (kg/cm ²)	27.0 (275)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (kg/cm ²)	32.8 (335)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (kg/cm ²)	39.1 (399)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	149	Mínimo 45
Fraguado Final	min	292	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados corresponden al promedio del cemento despachado en el año 2011.

(*) Requisito opcional.

APLICACIONES

De uso tradicional en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales de ningún tipo:

- Obras de concreto y de concreto armado en general.
- Para estructuras que requieren rápido desencofrado.
- Concreto en clima frío.
- Prefabricados.
- Pavimentos y cimentaciones.

Construcción

Sikadur® 32 Gel

Puente de Adherencia

Descripción	Es un adhesivo de dos componentes a base de resinas epóxicas seleccionadas, libre de solventes.
General	
Campos de aplicación	<ul style="list-style-type: none">■ Como adhesivo estructural de concreto fresco con concreto endurecido.■ Como adhesivo entre elementos de concreto, piedra, mortero, acero, fierro, fibrocemento, madera.■ Adhesivo entre concreto y mortero.■ En anclajes de pernos en concreto o roca, donde se requiere una puesta en servicio rápida (24 horas).
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">■ Fácil de aplicar■ Libre de solventes■ No es afectado por la humedad■ Altamente efectivo, aun en superficies húmedas■ Trabajable a bajas temperaturas■ Alta resistencia a la tracción
Datos Básicos	
Aspecto	Líquido Denso
Color	Gris (mezcla A+B)
Presentación	<ul style="list-style-type: none">■ Juego de 1 kg.■ Juego de 5 kg.
Almacenamiento	Se puede almacenar en su envase original cerrado, sin deterioro en un lugar fresco, seco y bajo techo durante dos años a una temperatura entre 5°C y 30°C. Acondicione el material a 18°C a 30°C antes de usar.
Datos Técnicos	
Densidad	1.6 kg/lts.
Proporción de la mezcla en peso	A:B = 2:1
Pot life a 20°C	25 minutos
Cumple la norma ASTM C-881	Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding System for Concrete. Está certificado como producto no tóxico por el Instituto de Salud pública de Chile.
Resistencia a compresión (ASTM D 695)	1 día = 75 Mpa 10 días = 90 Mpa
Resistencia a flexión (ASTM C 580)	10 días = 34 Mpa
Adherencia(ASTM C 882)	> 13 Mpa
Fuerza de arrancamiento anclaje en concreto (5fe A63-42H, 012mm, L=12cm)	6.000 kgf



**Aplicación
Consumo**

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

**Preparación de la
superficie****Concreto**

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

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

Metales

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

Preparación del producto

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

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

Método de aplicación

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

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

Limpieza

Limpie las herramientas con diluyente a la piroxilina.

**Instrucciones de
Seguridad****Precauciones de
manipulación**

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

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

Observaciones

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web:
www.sika.com.pe



ANEXO 02 - ENSAYO DE AGREGADOS:

1. PESO ESPECÍFICO PARA EL AGREGADO FINO:

ENSAYO N°	1	2	3
Wo=Es el peso en el aire de la muestra secada al horno (gr.)	500	498.5	499.5
V=Volumen del frasco (cm3)	500	500	500
Va=Peso en (gr) o Volumen (cm3) del Agua añadida en el frasco.	308	310	309
a. Peso Específico de Masa P.e. = $W_o / (V - V_a)$	2.60	2.62	2.61
b. Peso Específico de Masa Saturada con Superficie Seca P.e.s.s. = $500 / (V - V_a)$	2.60	2.62	2.61
c. Peso Específico Aparente P.e.a. = $W_o / [(V - V_a) - (500 - W_o)]$	2.60	2.64	2.62
d. Absorción Ab. = $[(500 - W_o)100] / W_o$	2.543	2.333	2.881

2. PESO UNITARIO SUELTO:

Agregado Fino

Factor (f)= **523.560** (1/m³)

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (Kg.)	2.936	2.936	2.936
Peso del recipiente + mat. (Kg.)	5.72	5.724	5.772
Peso del material (Kg.)	2.784	2.788	2.836
Factor (f)	523.560	523.560	523.560
Peso Unit. Suelto (Kg/m3)	1457.591	1459.685	1484.816
Peso Unit. Suelto Promedio	1467.364		

3. PESO ESPECÍFICO PARA EL AGREGADO GRUESO:

ENSAYO N°	1	2	3
A = Es el peso en el aire de la muestra secada al horno (gr.)	4700	3645	3296
B = Peso en el Aire de la muestra saturada con Superficie Seca (gr.)	3265.6	3681	3295
C = Peso en el Agua de la muestra saturada (gr.)	2010	2252	2025
a. Peso Específico de Masa P.e. = $A / (B - C)$	2.564	2.551	2.559
b. Peso Específico de Masa Saturada con Superficie Seca P.e.s.s.s. = $B / (B - C)$	2.601	2.576	2.594
c. Peso Específico Aparente P.e.a. = $A / (A - C)$	2.662	2.617	2.653
d. Absorción Ab. = $[(B - A) 100] / A$	1.429	0.988	1.385

4. PESO UNITARIO SUELTO:

Agregado Grueso

Factor (f) = 523.560 (1/m³)

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (Kg.)	2.936	2.936	2.936
Peso del recipiente + mat. (Kg.)	5.786	5.868	5.944
Peso del material (Kg.)	2.85	2.932	3.008
Factor (f)	523.560	523.560	523.560
Peso Unit. Suelto (Kg/m ³)	1492.146	1535.078	1574.868
Peso Unit. Suelto Promedio	1534.031		

5. PESO UNITARIO COMPACTADO

Agregado Fino

Factor (f)= 328.407 (1/m³)

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (Kg.)	7.795	7.795	7.795
Peso del recipiente + mat. (Kg.)	12.765	12.765	12.75
Peso del material (Kg.)	4.97	4.97	4.955
Factor (f)	328.407	328.407	328.407
Peso Unit. Compactado (Kg/m ³)	1632.183	1632.183	1627.257
Peso Unit. Compactado Promedio	1630.541		

Agregado Grueso

Factor (f)= 177.62 (1/m³)

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (Kg.)	8.295	8.295	8.295
Peso del recipiente + mat. (Kg.)	17.935	17.95	17.93
Peso del material (Kg.)	9.64	9.655	9.635
Factor (f)	177.620	177.620	177.620
Peso Unit. Compactado (Kg/m ³)	1712.257	1714.921	1711.369
Peso Unit. Compactado Promedio	1712.849		

6. GRANULOMETRIA

AGREGADO GRUESO

TAMIZ (Nº)	ABERTURA	RET. (gr)	%RET.	%PASA	%RET.ACUM.
3/4"	19.05 mm	0	0.0	100.00	0.00
1/2"	12.7 mm	2.84	52.5	47.53	52.47
3/8"	9.5 mm	1.29	23.8	23.69	76.31
1/4"	8.0 mm	0.35	6.5	17.22	82.78
4	4.76 mm	0.93	17.2	6.51	99.96
CAZOLETA		0.002	0.04		100.00
	TOTAL=	5.4122	100.0		311.5

Tabla 3 Agregado Grueso

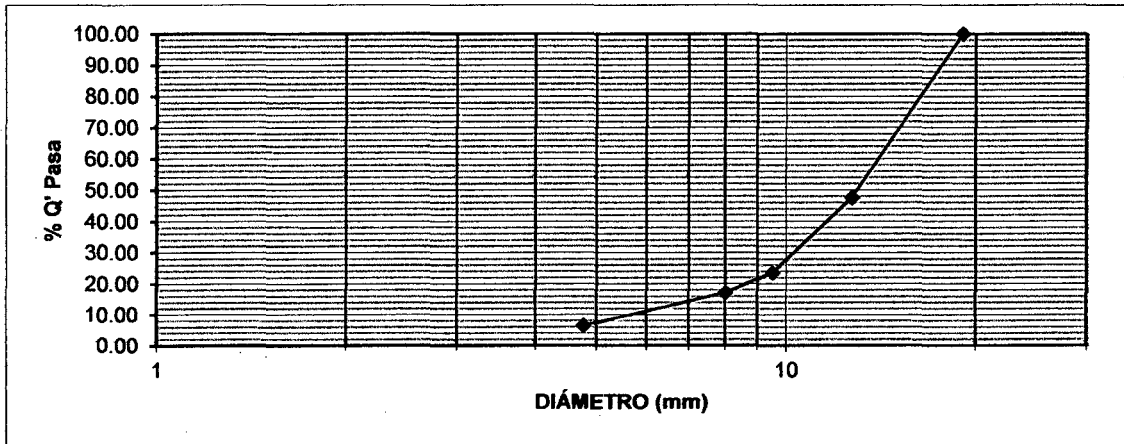


Fig 32. Curva Granulométrica del Agregado Grueso

AGREGADO FINO

TAMIZ (Nº)	ABERTURA	RET. (gr)	%RET.	%PASA	%RET.ACUM.
3/8"	9.5	0	0.0	100.0	
4	4.76	0.485	20.4	79.6	20.4
10	2	0.45	18.9	60.7	39.3
20	0.85	0.36	15.1	45.6	54.4
30	0.59	0.215	9.0	36.6	63.4
40	0.425	0.4865	20.4	16.1	83.9
60	0.25	0.19	8.0	8.1	91.9
100	0.149	0.17	7.1	1.0	99.0
200	0.074	0.015	0.6	0.4	99.6
CAZOLETA		0.009	0.4	0.0	100.0
TOTAL=		2.3805	100.0		

Tabla 4 Agregado Fino

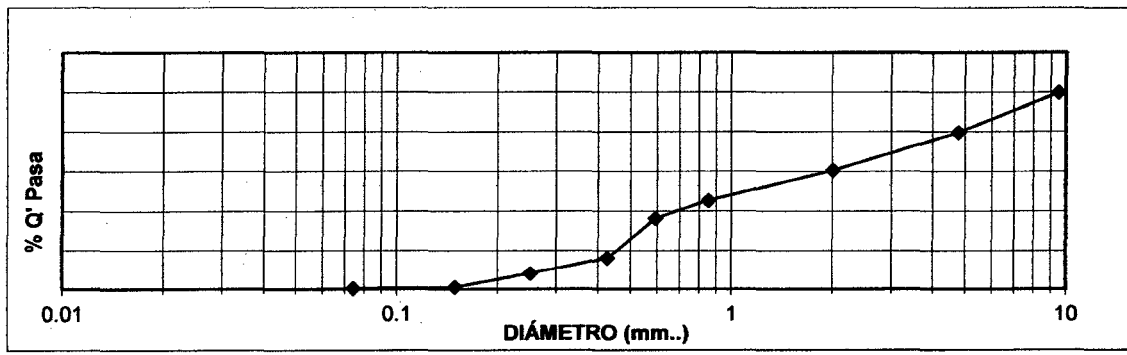


Fig 33. Curva Granulométrica del Agregado Fino

7. CONTENIDO DE HUMEDAD:

Agregado fino:

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	28	31	32
Peso de (M. Hum. + recipiente) (gr.)	88	86	110
Peso de (M. Seca. + recipiente) (gr.)	82	80	102
Peso del Agua (gr.)	6	6	8
Peso de la Muestra Seca (gr.)	54	49	70
Contenido de Humedad (%)	11.111	12.245	11.429
Promedio del Contenido de Humedad (%)	11.595		

Agregado grueso:

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	44	26	25
Peso de (M. Hum. + recipiente) (gr.)	232	153	136
Peso de (M. Seca. + recipiente) (gr.)	228	152	134
Peso del Agua (gr.)	4	1	2
Peso de la Muestra Seca (gr.)	184	126	109
Contenido de Humedad (%)	2.174	0.794	1.835
Promedio del Contenido de Humedad (%)	1.601		

ANEXO 03: DISEÑO DE MEZCLA

CONCRETO 175: METODO DE MODULO DE FINEZA

CARACTERISTICAS	Agreg. Grueso	Agreg. Fino
Peso Especifico (Kg/cm ³)	2558	2610
Peso Unitario Compactado (Kg/cm ³)	1712.85	1630.54
Peso Unitario Suelto (Kg/cm ³)	1534.03	1467.364
Tamaño Maximo (pulg)	3/4	
Tamaño Maximo Nominal (Pulg)	1/2	
Modulo de Fineza	7.01	3.05
Absorción	1.2673	2.58
Contenido de humedad	1.601	11.595
Pasante de la malla #4	13.73%	91.72%
Pasante de la malla #200	1.30%	5.33%

DATOS DE DISEÑO	
Resistencia a la compresion de Diseño (Kg/cm ²)	175
Peso Especifico del Cemento (Kg/cm ²)	3120

$f_c = 175 \text{ Kg / cm}^2$

Volumen del Agregado Grueso (m³)

0.3518 Volumen del Agregado Grueso (m³)

Relacion agua / cemento

$a/c = 0.668$

Litros de Agua por m³

216 Litros de Agua por m³

Tabla 4

0.025 Aire por m³

Factor cemento

$c = 323.353$

Nº de bolsas 7.608

Modulo de fineza de la combinación de los agregados

$m = 4.680$

% de agregado grueso en relación al vol. Absoluto total de agregado

$r_f = 0.588$

Tabulación

Para 1 m3 de Concreto

Material	Peso (Kg.)	Volumen (m3)
Agua	216.00	0.216
Cemento	323.35	0.104
Aire		0.025
Arena	894.20	0.343
Piedra	800.03	0.313
	2233.58	1.000

CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Características	Agregado Grueso	Agregado Fino
Peso humedo	812.84	997.88
Humedad Superficial	0.33	9.02
Aporte de Humedad	2.67	80.61

Aporte de Humedad de los Agregados = 83.28 Litros

Material	Peso (Kg.)	Volumen (m3).
Agua	132.72	0.133
Cemento	323.35	0.112
Aire		0.025
Arena	997.88	0.392
Piedra	812.84	0.328
	2266.79	0.990

PROPORCION EN PESO

	Cemento	Ag.Fino	Ag. Grueso	Agua (lt/saco)
Materiales en Seco (sin Corregir)	1	2.77	2.47	28.39
Materiales Húmedos (Corregidos)	1	3.09	2.51	17.44
Relacion agua-cemento de diseño :		0.67		
Relacion agua-cemento efectiva :		0.41		

PROPORCION EN VOLUMEN

	Cemento	Ag.Fino	Ag. Grueso	Agua (lt/saco)
De los Materiales sin corregir por humedad del agregado (Volumen Seco)	1	2.80	2.40	28.39
De los Materiales ya corregidos por humedad del agregado (Volumen Humedo)	1	3.13	2.44	17.44

CONCRETO 210: METODO DE MODULO DE FINEZA

CARACTERISTICAS	Agreg. Grueso	Agreg. Fino
Peso Específico (Kg/cm ³)	2558	2610
Peso Unitario Compactado (Kg/cm ³)	1712.85	1630.54
Peso Unitario Suelto (Kg/cm ³)	1534.03	1467.364
Tamaño Maximo (pulg)	3/4	
Tamaño Maximo Nominal (Pulg)	1/2	
Modulo de Fineza	7.01	3.05
Absorción	1.2673	2.58
Contenido de humedad	1.601	11.595
Pasante de la malla #4	13.73%	91.72%
Pasante de la malla #200	1.30%	5.33%

DATOS DE DISEÑO	
Resistencia a la compresion de Diseño (Kg/cm ²)	210
Peso Específico del Cemento (Kg/cm ²)	3120

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

Volumen del Agregado Grueso (m³)

0.3518 Volumen del Agregado Grueso (m³)

Relacion agua / cemento

a/c = **0.6144**

Litros de Agua por m³

216 Litros de Agua por m³

Tabla 4

0.025 Aire por m³

Factor cemento

c= **351.563**

Nº de bolsas **8.272**

Modulo de fineza de la combinación de los agregados

m = **4.680**

% de agregado grueso en relación al vol. Absoluto total de agregado

rf = **0.588**

Tabulación

Para 1 m3 de Concreto

Material	Peso (Kg.)	Volumen (m3).
Agua	216.00	0.216
Cemento	351.56	0.113
Aire		0.025
Arena	880.31	0.337
Piedra	790.51	0.309
	2238.39	1.000

CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Características	Agregado Grueso	Agregado Fino
Peso humedo	803.17	982.38
Humedad Superficial	0.33	9.02
Aporte de Humedad	2.64	79.36

Aporte de Humedad de los Agregados = 82.00 Litros

Material	Peso (Kg.)	Volumen (m3).
Agua	134.00	0.134
Cemento	351.56	0.121
Aire		0.025
Arena	982.38	0.386
Piedra	803.17	0.324
	2271.12	0.990

PROPORCION EN PESOMateriales en Seco (sin Corregir)
Materiales Húmedos (Corregidos)

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua (lt/saco)
1	2.50	2.25	26.11
1	2.79	2.28	16.20

Relacion agua-cemento de diseño : 0.61

Relacion agua-cemento efectiva : 0.38

PROPORCION EN VOLUMENDe los Materiales sin corregir por humedad del
agregado (Volumen Seco)De los Materiales ya corregidos por humedad del
agregado (Volumen Humedo)

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua (lt/saco)
1	2.54	2.18	26.11
1	2.83	2.22	16.20

CONCRETO 280: METODO DE MODULO DE FINEZA

CARACTERISTICAS	Agreg. Grueso	Agreg. Fino
Peso Específico (Kg/cm ³)	2558	2610
Peso Unitario Compactado (Kg/cm ³)	1712.85	1630.54
Peso Unitario Suelto (Kg/cm ³)	1534.03	1467.364
Tamaño Maximo (pulg)	3/4	
Tamaño Maximo Nominal (Pulg)	1/2	
Modulo de Fineza	7.01	3.05
Absorción	1.2673	2.58
Contenido de humedad	1.601	11.595
Pasante de la malla #4	13.73%	91.72%
Pasante de la malla #200	1.30%	5.33%

DATOS DE DISEÑO	
Resistencia a la compresion de Diseño (Kg/cm ²)	280
Peso Especifico del Cemento (Kg/cm ²)	3120

$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Volumen del Agregado Grueso (m³)

0.3518 Volumen del Agregado Grueso (m³)

Relacion agua / cemento

$a/c = 0.508$

Litros de Agua por m³

216 Litros de Agua por m³

Tabla 4

0.025 Aire por m³

Factor cemento

$c = 425.197$

Nº de bolsas

10.005

Modulo de fineza de la combinación de los agregados

$m = 4.680$

% de agregado grueso en relación al vol. Absoluto total de agregado

$rf = 0.588$

Tabulación

Para 1 m3 de Concreto

Material	Peso (Kg.)	Volumen (m3).
Agua	216.00	0.216
Cemento	425.20	0.136
Aire		0.025
Arena	844.07	0.323
Piedra	765.66	0.299
	2250.93	1.000

CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Características	Agregado Grueso	Agregado Fino
Peso humedo	777.92	941.94
Humedad Superficial	0.33	9.02
Aporte de Humedad	2.56	76.09

Aporte de Humedad de los Agregados = 78.65 Litros

Material	Peso (Kg.)	Volumen (m3).
Agua	137.35	0.137
Cemento	425.20	0.144
Aire		0.025
Arena	941.94	0.371
Piedra	777.92	0.314
	2282.41	0.990

PROPORCION EN PESO

Materiales en Seco (sin Corregir)
Materiales Húmedos (Corregidos)

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua (lt/saco)
1	1.99	1.80	21.59
1	2.22	1.83	13.73

Relacion agua-cemento de diseño : 0.51
Relacion agua-cemento efectiva : 0.32

PROPORCION EN VOLUMEN

De los Materiales sin corregir por humedad del agregado (Volumen Seco)
De los Materiales ya corregidos por humedad del agregado (Volumen Humedo)

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua (lt/saco)
1	2.01	1.75	21.59
1	2.25	1.77	13.73

CONCRETO 350: METODO DE MODULO DE FINEZA

CARACTERISTICAS	Agreg. Grueso	Agreg. Fino
Peso Especifico (Kg/cm3)	2558	2610
Peso Unitario Compactado (Kg/cm3)	1712.85	1630.54
Peso Unitario Suelto (Kg/cm3)	1534.03	1467.364
Tamaño Maximo (pulg)	3/4	
Tamaño Maximo Nominal (Pulg)	1/2	
Modulo de Fineza	7.01	3.05
Absorción	1.2673	2.58
Contenido de humedad	1.601	11.595
Pasante de la malla #4	13.73%	91.72%
Pasante de la malla #200	1.30%	5.33%

DATOS DE DISEÑO	
Resistencia a la compresion de Diseño (Kg/cm2)	350
Peso Especifico del Cemento (Kg/cm2)	3120

$f_c = 350 \text{ Kg / cm}^2$

Volumen del Agregado Grueso (m3)

0.3518 Volumen del Agregado Grueso (m3)

Relacion agua / cemento

$a/c = 0.425$

Litros de Agua por m3

216 Litros de Agua por m3

Tabla 4

0.025 Aire por m3

Factor cemento

$c = 508.235$

Nº de bolsas **11.958**

Modulo de fineza de la combinación de los agregados

$m = 4.680$

% de agregado grueso en relación al vol. Absoluto total de agregado

$r_f = 0.588$

Tabulación

Para 1 m³ de Concreto

Material	Peso (Kg.)	Volumen (m ³).
Agua	216.00	0.216
Cemento	508.24	0.163
Aire		0.025
Arena	803.20	0.308
Piedra	737.64	0.288
	2265.07	1.000

CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Características	Agregado Grueso	Agregado Fino
Peso humedo	749.45	896.33
Humedad Superficial	0.33	9.02
Aporte de Humedad	2.46	72.41

Aporte de Humedad de los Agregados = 74.87 Litros

Material	Peso (Kg.)	Volumen (m ³).
Agua	141.13	0.141
Cemento	508.24	0.173
Aire		0.025
Arena	896.33	0.353
Piedra	749.45	0.303
	2295.14	1.000

PROPORCION EN PESO

Materiales en Seco (sin Corregir)
Materiales Húmedos (Corregidos)

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua (lt/saco)
1	1.58	1.45	18.06
1	1.76	1.47	11.80

Relacion agua-cemento de diseño : 0.43
Relacion agua-cemento efectiva : 0.28

PROPORCION EN VOLUMEN

De los Materiales sin corregir por humedad del agregado (Volumen Seco)
De los Materiales ya corregidos por humedad del agregado (Volumen Humedo)

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua (lt/saco)
1	1.60	1.41	18.06
1	1.79	1.43	11.80

PANEL FOTOGRAFICO



Foto 01: Toma de Medidas de Probetas

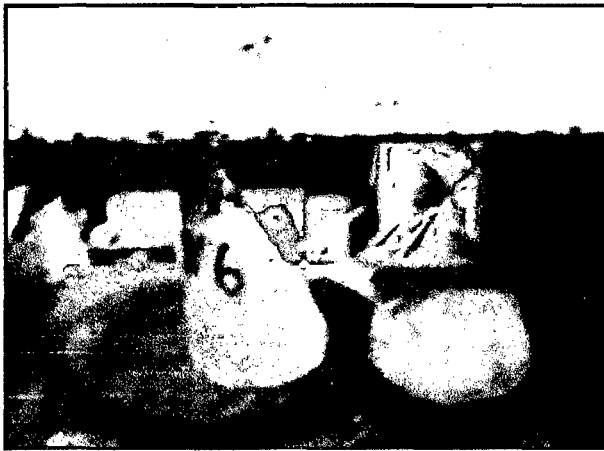


Foto 02-03: Falla de Especímenes sin Epóxico



Foto 04: Falla de Especímenes sin Epóxico



Foto 05: Falla de Especímenes sin Epóxico

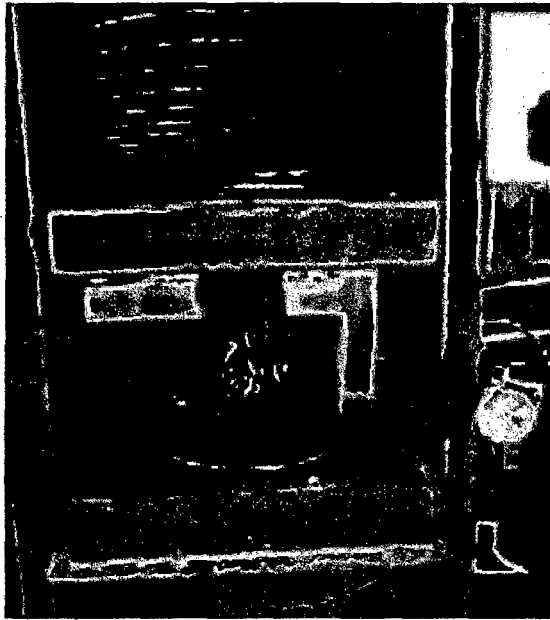


Foto 06: Ensayo de Especímenes con Epóxico

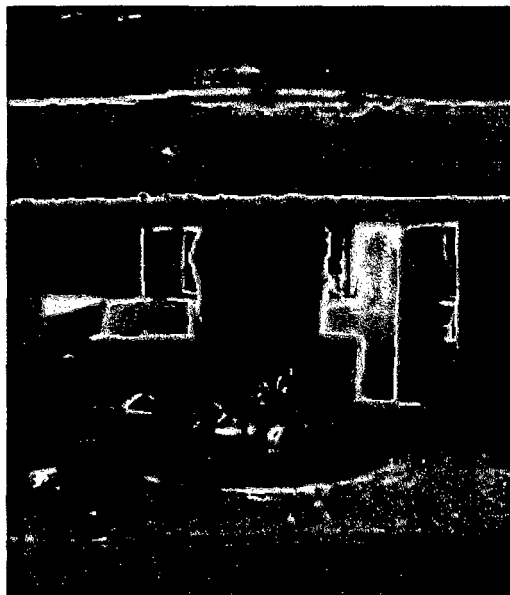


Foto 07: Tipo de falla en especímenes con epóxico



Foto 08: Tipo de falla en especímenes con epóxico

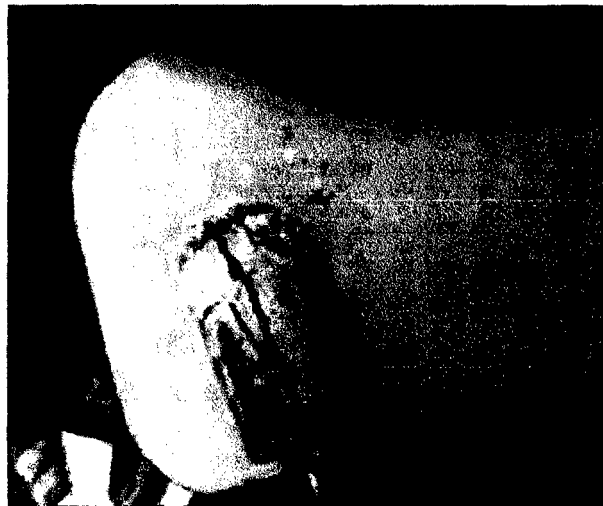


Foto 09: Falla Especímen con Epóxico

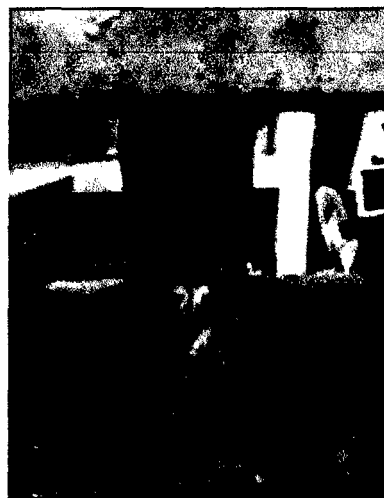


Foto 10: Falla de Especímen de una misma resistencia

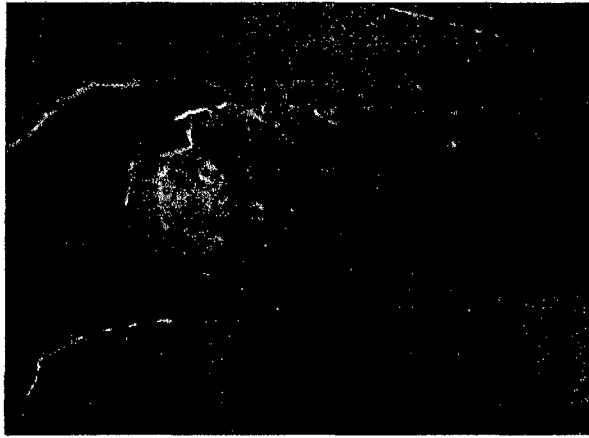


Foto 11: Falla de Especímen C°Endurecido – C°Endurecido

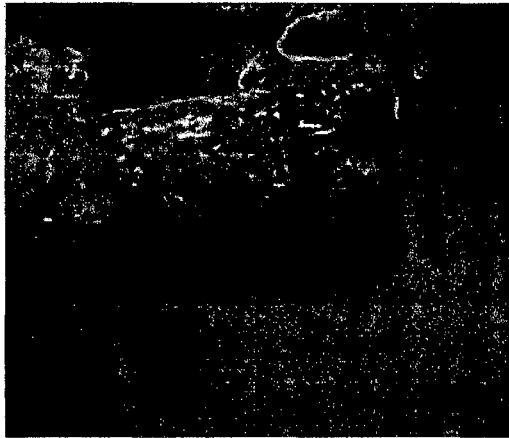


Foto 12: Falla de Especímen C°Endurecido – C°Endurecido