

CAPITULO 5

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Una vez definida la geometría de la probeta a ensayar y los distintos ensayos a llevar a cabo, se determinaron las características del hormigón a utilizar y paralelamente se realizaron ensayos a tracción sobre los materiales láminares que se aplicarán en ambas campañas experimentales (AFRP y CFRP), para poder caracterizar perfectamente las características mecánicas de los materiales utilizados en el ensayo.

5.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS

La caracterización mecánica de las láminas era necesaria por las siguientes razones:

- Para poder determinar en que porcentaje con respecto a la deformación máxima se deformarían las láminas durante los ensayos a cortante.
- Verificar si era indistinta la aplicación de galgas para hormigón o galgas para materiales compuestos sobre la superficie de las láminas, tanto del sistema Aramida como del sistema Carbono. Con ello se pretendía comprobar que los dos tipos de galgas dieran los mismos resultados.
- Determinar el módulo de elasticidad de las láminas de ambos sistemas, tanto Aramida como Carbono en laboratorio y, de esta forma, trabajar con el módulo de elasticidad experimental. El hecho de trabajar con el módulo elástico experimental, permite tener una precisión mayor del comportamiento de las láminas, cuando éstas son sometidas a tensiones al aplicar cargas sobre las probetas de cada serie de ensayos, ya que se usó el mismo sistema de adquisición de datos y la misma instrumentación. De esta forma, se tiene la evidencia de que las deformaciones obtenidas en las láminas adheridas al hormigón proporcionen la magnitud de los esfuerzos a que han sido sometidas.

5.1.1 Descripción de los ensayos a tracción

La Caracterización mecánica de las propiedades de Tracción de las láminas unidireccionales de compuestos de fibro-resinas se hizo mediante la Norma ASTM D3039-76 (1989). Dicha Norma ASTM D 3039 - 76 proporciona las dimensiones de las probetas a ensayar a tracción, dando un espesor de 5mm y ancho de 12 mm en láminas con las fibras longitudinales en el sentido de las fuerzas de tracción. Para cumplir con esta norma era necesario labrar las probetas como lo muestra la figura 5.1, lo cual trajo como consecuencia la imprecisión de la sección transversal real que trabajaba a tracción, debido a que las láminas de aramida tienen un ancho de 20mm salidas de fábrica. En la figura 5.1 se puede observar la probeta ya ensayada, donde se aprecia la falla en uno de los extremos, en la frontera con la zona que presiona la mordaza de sujeción a tracción. Finalmente, se optó por realizar los ensayos en probetas con la sección transversal original de fabricación de 5mm x 20mm tal como lo muestra la figura 5.2. Los resultados de dichos ensayos se observan en la tabla 5.1.

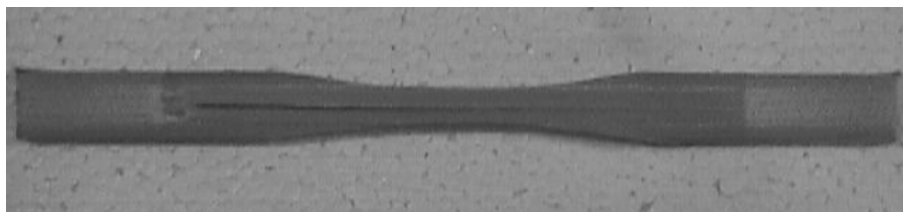


Figura 5.1 Preensayos a tracción en lámina de Aramida, mostrando la reducción en el centro de la probeta. En el extremo izquierdo se aprecia la rotura de las fibras.

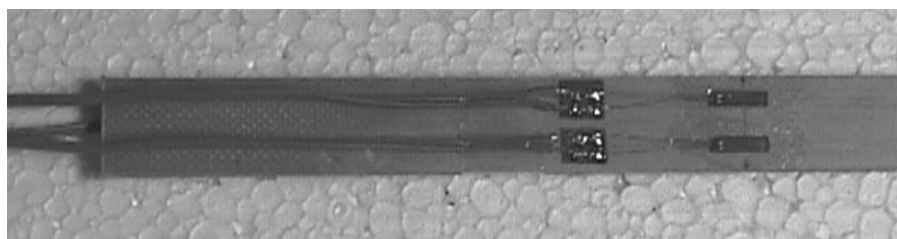
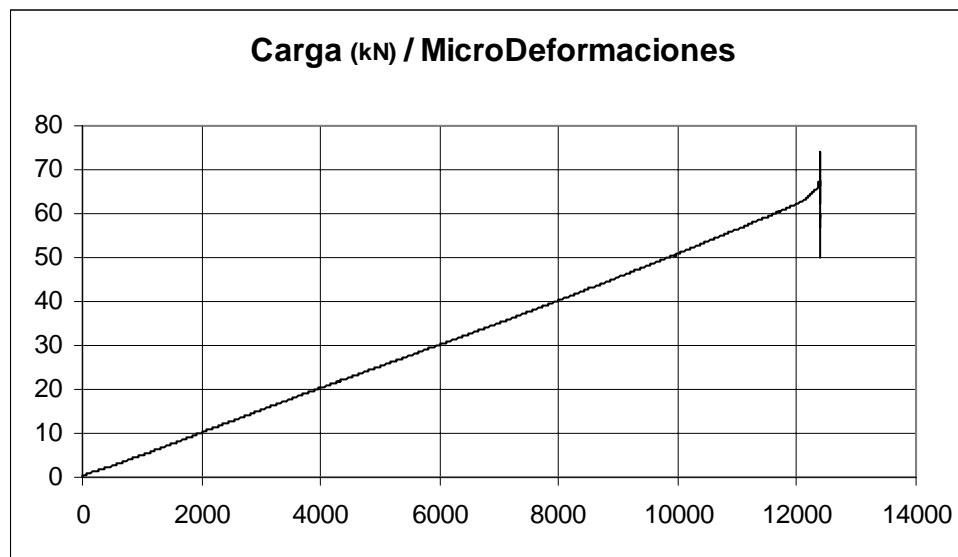


Figura 5.2 Tipo de ensayo definitivo con lámina instrumentada con galgas en el centro de la probeta

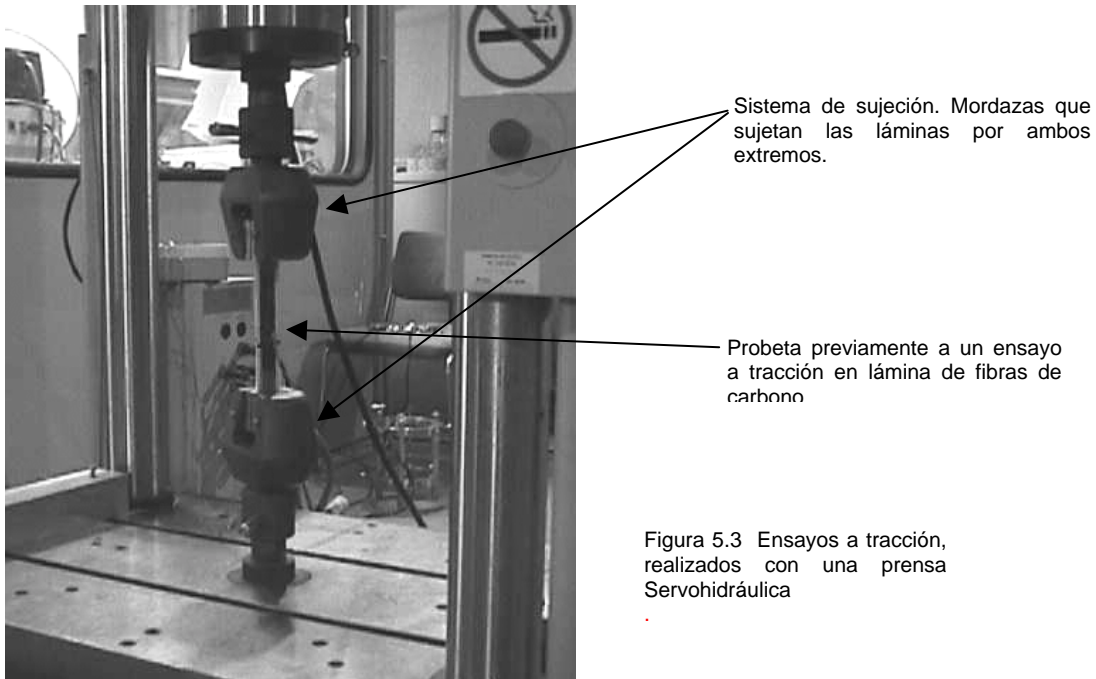
TABLA 5.1 DE RESULTADOS DE ENSAYOS A TRACCIÓN DE FIBRAS DE ARAMIDA						
Probeta	Sección m ²	Deformaciones 1 X 10 ⁻⁶ m/m	Carga Max. Hasta Deformación Lineal kN	Carga de Rotura. kN	Tensión MPa	Módulo de Elasticidad GPa
Ara-23-3 A	1 X 10 ⁻⁴	11.699	60,54	73,74	605	51,75
Ara-23-P6	1 X 10 ⁻⁴	12.207	60,47	70,93	605	49,54
Ara-24-P3	1 X 10 ⁻⁴	11.608	60,81	71,98	608	52,38
Ara-25-P3	1 X 10 ⁻⁴	11.982	60,45	71,74	604	50,45
Ara-02-P2	1 X 10 ⁻⁴	11.689	58,11	71,14	581	49,71
Ara-02-P4	1 X 10 ⁻⁴	11.662	58,05	71,80	581	49,78
Ara-03-P3	1 X 10 ⁻⁴	11.628	58,02	68,86	580	49,90
Ara-04-p2	1 X 10 ⁻⁴	11.526	57,33	68,46	573	49,74
Valor Medio		11.750	59,22	70,96	592	50,41
Desviación Estándar		227,40	1,46	1,75	14,6	1,07
Coefficiente de Variación		1,94%	2,47%	2,47%	2,47%	2,13%

Los ensayos realizados en las probetas de Aramida dieron como resultado un módulo de elasticidad promedio de 50,41 GPa a tracción. Aunque las láminas alcanzaron una carga máxima de 70,96 kN promedio, el comportamiento lineal de las gráficas “Carga vs. Deformación” se mantuvo hasta el 83% de la carga en promedio, rango en el cual se calculó el módulo de elasticidad. La gráfica 5.1 muestra el gráfico de uno de los ensayos a tracción en lámina de Aramida. Todos los ensayos poco antes de la falla presentaban un endurecimiento de las fibras bajo un comportamiento no lineal, seguido de un salto de carga en el momento de la falla o rotura de las fibras.



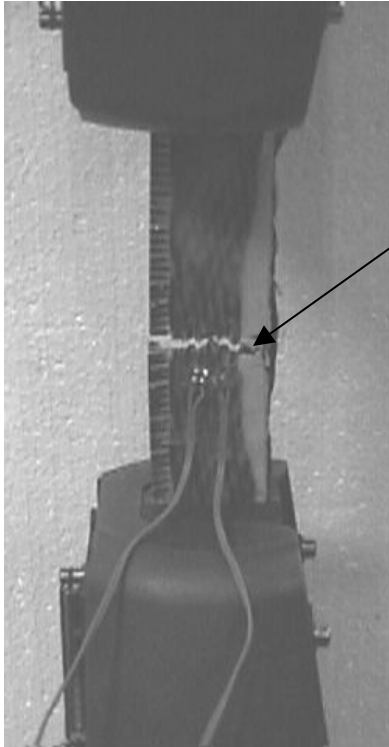
Gráfica 5.1 Ensayo en fibra de Aramida Ara-25-P3 graficando Carga en kN contra microdeformaciones medidas con bandas extensométricas BFLA 5-5 para materiales compuestos.

A diferencia de las láminas de Aramida, en las láminas de fibra de carbono es necesario preparar la resina en la cual son embebidas las fibras de Carbono y posteriormente dejar pasar 48 horas para asegurar que se ha llevado a cabo en su totalidad la polimerización de la resina epóxica. La figura 5.3 muestra una prensa de control hidráulico en la que se realizaron los ensayos.



Aproximadamente en un 50 % de los ensayos realizados a tracción en las láminas de carbono, se presentó una falla rompiendo las fibras por el centro, y el otro 50% de los ensayos, las láminas rompieron por un extremo donde la lámina es sujeta a la mordaza. Las figuras 5.5 y 5.4 muestran uno de los ensayos, donde la fibra rompe por el centro.

En la tabla 5.2 se recogen los resultados obtenidos en las distintas probetas ensayadas



Falla de la probeta por el centro de la probeta. Este tipo de falla es el más apropiado, para el cálculo de la resistencia máxima de láminas.

Fig. 5.4 Ensayo a tracción en láminas de Compuestos de fibras de carbono con resina epóxica.

Probeta instrumentada con galgas BFLA 5-5 para materiales compuestos.

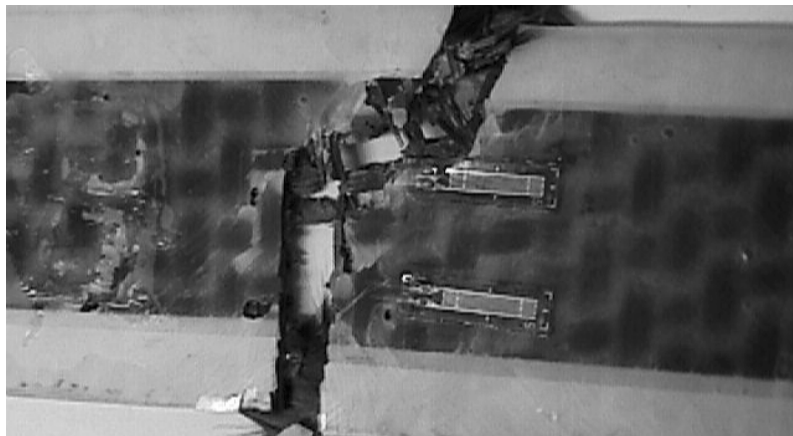
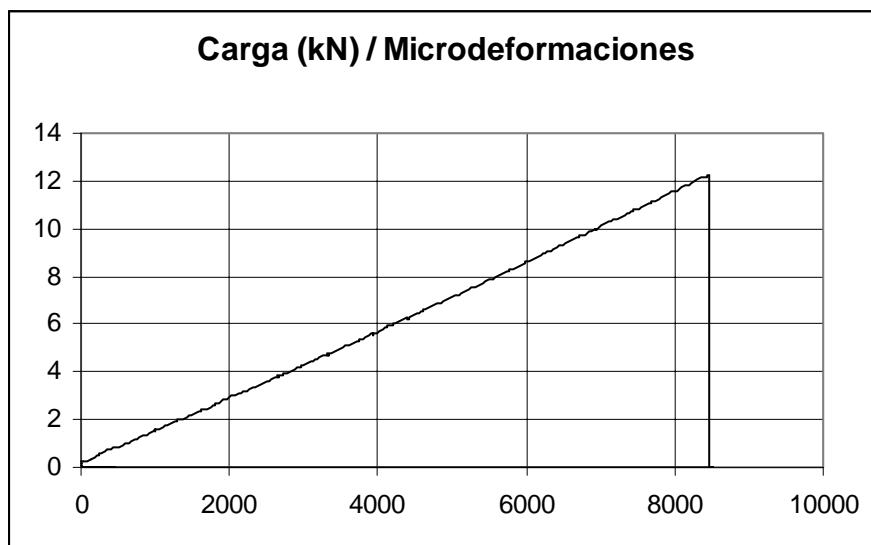


Figura 5.5 Probeta de fibras de Carbono después de ser ensayada a tracción. En esta foto se presentó la falla en el centro de la probeta, rompiendo las fibras.

TABLAS 5.2 RESULTADOS DE ENSAYOS ATRACCIÓN DE FIBRAS DE CARBONO (TFC)						
Probeta	Ancho cm	Sección m ²	Deformaciones 1 X 10 ⁻⁶ m/m	Carga de Rotura kN	Tensión MPa	Modulo Elástico GPa
Car04p2	3,000	2,3 X 10 ⁻⁵	12.200	18,17	774	63,43
Car05p4	3,000	2,3 X 10 ⁻⁵	11.660	20,700	882	75,61
Car08p4	3,000	2,3 X 10 ⁻⁵	9.769	22,53	959	98,22
Car09p2	3,000	2,3 X 10 ⁻⁵	9.794	20,68	881	89,92
Car14p4	3,200	2,5 X 10 ⁻⁵	6.671	18,30	731	109,53
Car14p6	2,635	2,1 X 10 ⁻⁵	6.623	14,10	684	103,23
Car15p5	2,000	1,6 X 10 ⁻⁵	6.624	12,10	773	116,69
Car15p5	1,550	1,2 X 10 ⁻⁵	8.750	12,27	1011	115,59
Car18p2	2,000	1,6 X 10 ⁻⁵	11.249	12,74	814	72,35
Car18p4	2,050	1,6 X 10 ⁻⁵	6.800	9,27	578	84,96
Car18p6	2,000	1,6 X 10 ⁻⁵	10.860	14,44	922	84,94
Valor Medio			9.182	15,94	819	92.22
Desviación Estándar			2.198	4,33	128	17,92
Coefficiente de Variación			23,94%	-	15,62%	19,43%
Se tienen 7 mechas /cm; Área promedio/mecha = 1,1182x10 ⁻⁶ m ² El área efectiva promedio de las probetas por cada cm de ancho es de 7,8274x10 ⁻⁶ m ² /cm						

En los ensayos realizados en estas probetas, la forma de las gráficas “Carga/desplazamiento” presentaron un comportamiento lineal en el 100% de la aplicación de la carga, tal como se muestra en la gráfica 5.2. El tipo de falla que presentaron estos ensayos a tracción fue de tipo frágil. Comparando los valores del coeficiente de variación de la tabla 5.2 con los de la tabla 5.1 se pone de manifiesto cómo en el caso de materiales compuestos elaborados “in situ” la homogeneidad en el producto final es mucho menor que en los laminados prefabricados.



Gráfica 5.2 Ensayo a tracción en lámina de fibra de Carbono Car15-P5

5.2 ENSAYOS A CORTANTE EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN

Una vez definidas las características de las láminas de Aramida y de Carbono, se procedió a la elaboración de las probetas de hormigón.

Las probetas fueron hormigonadas en encofrados de madera y posteriormente su proceso de curado fue en cámara Climática en condiciones de temperatura y humedad normalizadas.

La dosificación base que se siguió en la elaboración de cada hormigonada en ambas campañas experimentales fue la siguiente:

TABLA 5.3 DOSIFICACIÓN BASE DE MEZCLAS DE HORMIGÓN DE LAS CAMPAÑAS EXPERIMENTALES	
MATERIAL	(KG / M3)
CEMENTO	349
ARENA	873
GRAVA	978
RELACIÓN A/C	0.57
AGUA	205
FLUIDIFICANTE	2.1

El hormigón presentó un módulo de elasticidad promedio de 28 GPa con una resistencia promedio de 49.5 MPa

5.3 PREPARACIÓN DE PROBETAS DE HORMIGÓN EN LA CAMPAÑA ARAMIDA.

En la preparación de las probetas de los ensayos Mon-Sanos, únicamente fue necesario realizar las entallas para guiar el cortante en el hormigón. En probetas de los ensayos Mon-Reforzados y Mon-Reparados, se escarificaron las superficies y posteriormente se hicieron las entallas tal como lo muestran las figuras 5.6a y 5.6b



Figura 5.6a Preparación de la superficie del hormigón antes de adherir las láminas de refuerzo

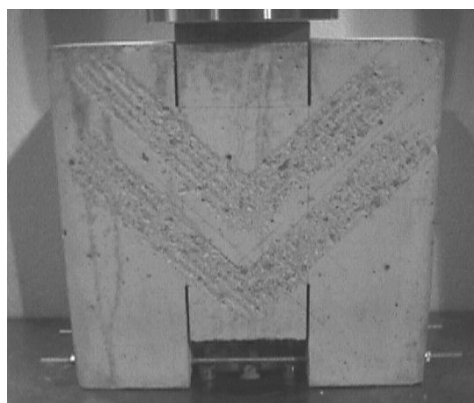


Figura 5.6b Las entallas realizadas en las probetas ayudan a guiar la trayectoria de las fisuras a cortante

Una vez efectuado el proceso de escarificado y entalle de las probetas en los ensayos tipo Mon-Rep, éstas fueron fracturadas para posteriormente ser reparadas. La figura 5.7 muestra la fractura por cortante en la probeta.

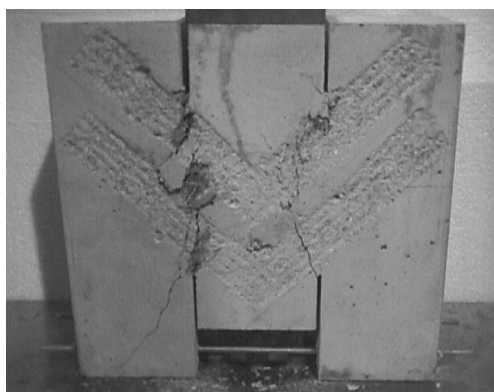


figura 5.7 Esta foto muestra una de las probetas de la serie de ensayos monolítico-reparados previamente a su reparación.

Para preparar los ensayos TRI-Unión fue necesario prensar los elementos de cada probeta para poder escarificar la superficie en la que se aplicaría la resina, la cual funge como material adhesivo de las láminas. En la figura 5.8 se muestra la forma en que fueron prensadas las probetas. Las probetas de los ensayos Mon-Rep para ser reparados también tuvieron que ser prensados.

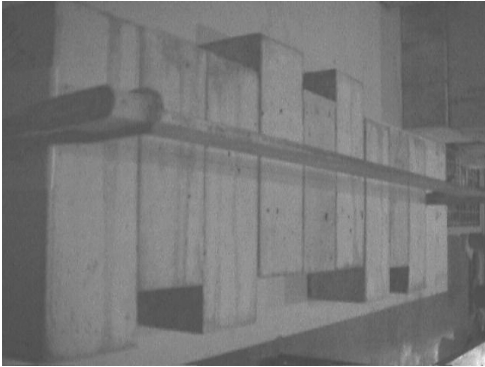


Figura 5. 8 a Preparación de las probetas TRI-Unión a 45° antes de aplicar las láminas de refuerzo.

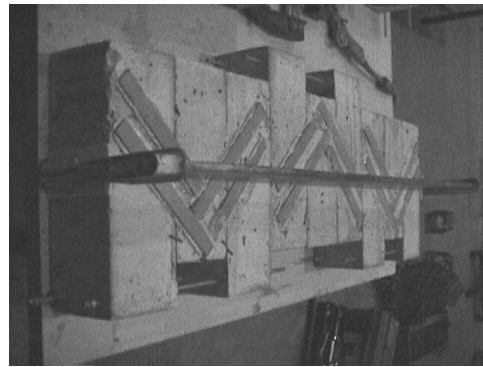


Figura 5. 8 b Las probetas Mon-Rep 45° y TRI-Unión 45° fueron prensadas durante el proceso de polimerización de la resina de adherencia de las láminas de refuerzo.

Una vez escarificada la superficie, de ambas caras de las probetas, se procede a aplicar las láminas de refuerzo, quedando las probetas Mon-Rep y TRI-Unión tal como se muestran en las figuras 5.9a y 5.9b.



Figura 5. 9 a Probeta monolítica-reparada 45°

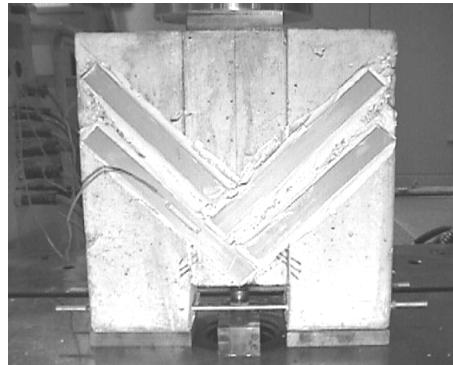


Figura 5. 9 b Probeta TRI-Unión 45°

5.4 PREPARACIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE LAS PROBETAS DE HORMIGÓN DE LA CAMPAÑA CARBONO.

La preparación de las probetas de la campaña de fibras de carbono siguió de la misma forma los pasos de preparación para cada tipo de ensayo, tanto en el proceso de escarificado como de entalla tal como muestra la figura 5.10. Las barras superiores con placas fueron fijadas con la mínima presión sobre la probeta, solo para impedir la pérdida de material entre fisuras al intentar separarse los bloques resultantes de la probeta.

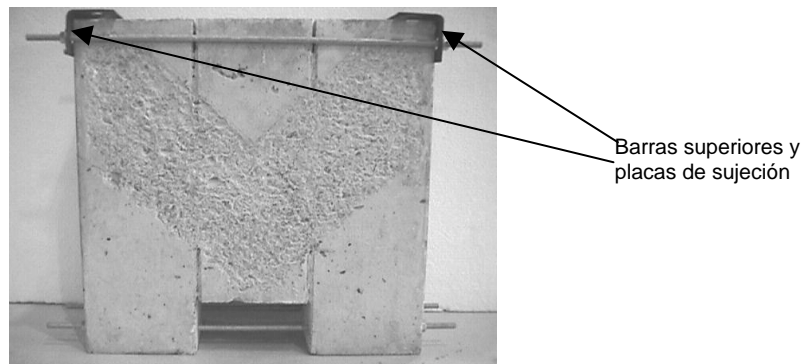


Figura 5.10 Probeta Monolítica previamente a la aplicación del refuerzo externo.

Previo a la adherencia de las láminas de refuerzo, se pretensaron las barras inferiores en forma manual con una mínima tensión, para evitar cualquier movimiento posterior que causara un desprendimiento entre la superficie de hormigón y las láminas de carbono. Antes de que la resina de adherencia del compuesto polimerizara, fueron instrumentadas las láminas de refuerzo, embebiendo las galgas en la resina y orientándolas con las fibras longitudinales, tal como se observa en las figuras 5.11 y 5.12.

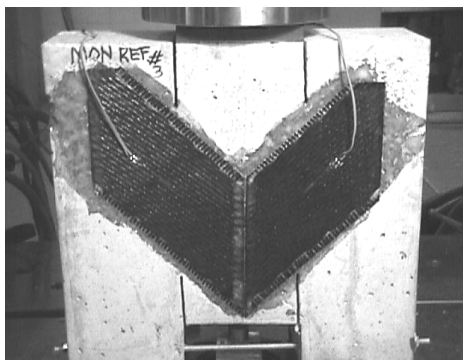


Figura 5.11 Probeta monolítica-reforzada a 45° instrumentada con galgas BFLA-5-5 para materiales compuestos

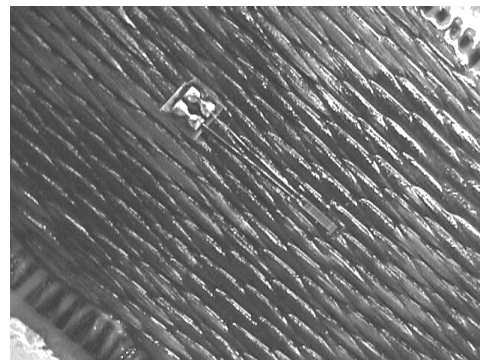


Figura 5.12 En el centro del círculo se señala una de las galgas orientadas con en eje longitudinal de las mechas de las láminas de carbono.

Los ensayos Mon-Rep en esta campaña, a diferencia de los de la campaña Aramida, presentaron otros tipos de orientación de las fibras longitudinales como se mostró en la figura 5.9a y 5.9b con una orientación a 45° . Las figuras 5.13, y 5.14 muestran una orientación horizontal, y vertical de las fibras longitudinales de las láminas.



Figura 5.13 Probeta TRI-Unión Horizontal con el eje principal de las fibras orientadas horizontalmente y las galgas orientadas en la misma dirección.

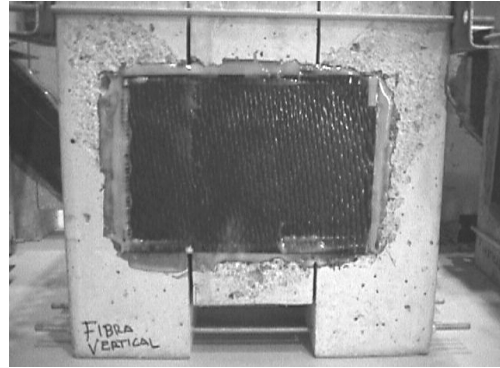


Figura 5.14 Probeta TRI-Unión Vertical con el eje principal de las fibras orientadas verticalmente y las galgas orientadas en la misma dirección.

Los Ensayos TRI-Unión presentaron una variante más en la forma de aplicar las fibras, orientando las fibras a 45° de tal forma que las fibras de cada lámina unen los tres bloques de la probeta, así como se muestra la figura 5.15 formando una "X"

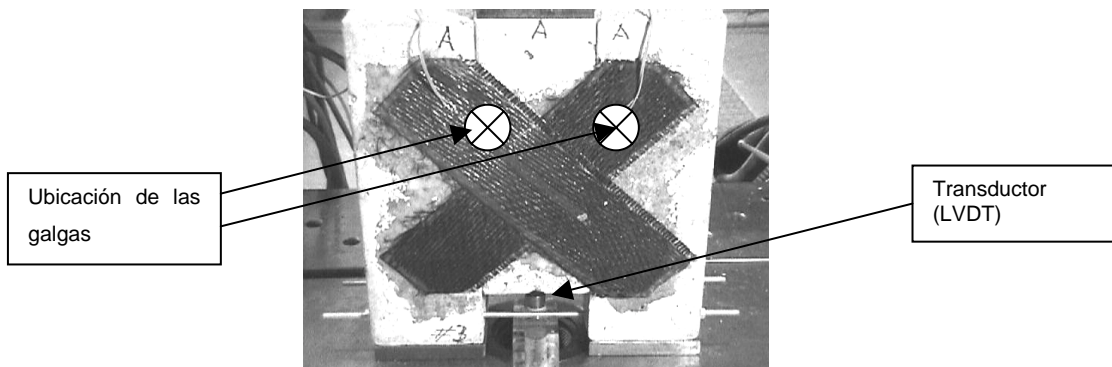


Figura 5.15 Probeta TRI-Unión X con las galgas orientadas a 45° en el sentido del eje principal de las fibras de las láminas de refuerzo.

Las probetas fueron instrumentadas colocando una galga en cada una de las láminas de la cara "A" ubicando las galgas sobre la zona donde se concentra el cortante.

En todos los ensayos se utilizó la misma velocidad de desplazamiento del pistón de 0.01mm/segundo, hasta llegar a rotura en las probetas. En la preparación de cada uno de los ensayos se verificó que:

- La zona de contacto entre el pistón y la superficie entre entallas de la probeta fuera plana para impedir momentos o concentración de esfuerzos por compresión que pudieran distorsionar los resultados del comportamiento de esfuerzos cortantes.
- La base en ambos extremos de las probetas tuviera un contacto al 100% para evitar cualquier giro durante la aplicación de la carga en el ensayo (figura 5.16)
- Las barras de pretensado inferior estuvieran tensadas para impedir que los bloques de la probeta se separen.
- Los cables de las galgas estén bien soldados y éstas, a su vez, estén debidamente calibradas por medio del sistema de adquisición de datos.
- El LVDT (transductor) estuviera en contacto con la cara inferior de la probeta desde antes de iniciar el ensayo y previamente haber calibrado el mismo (Figura 5.16)

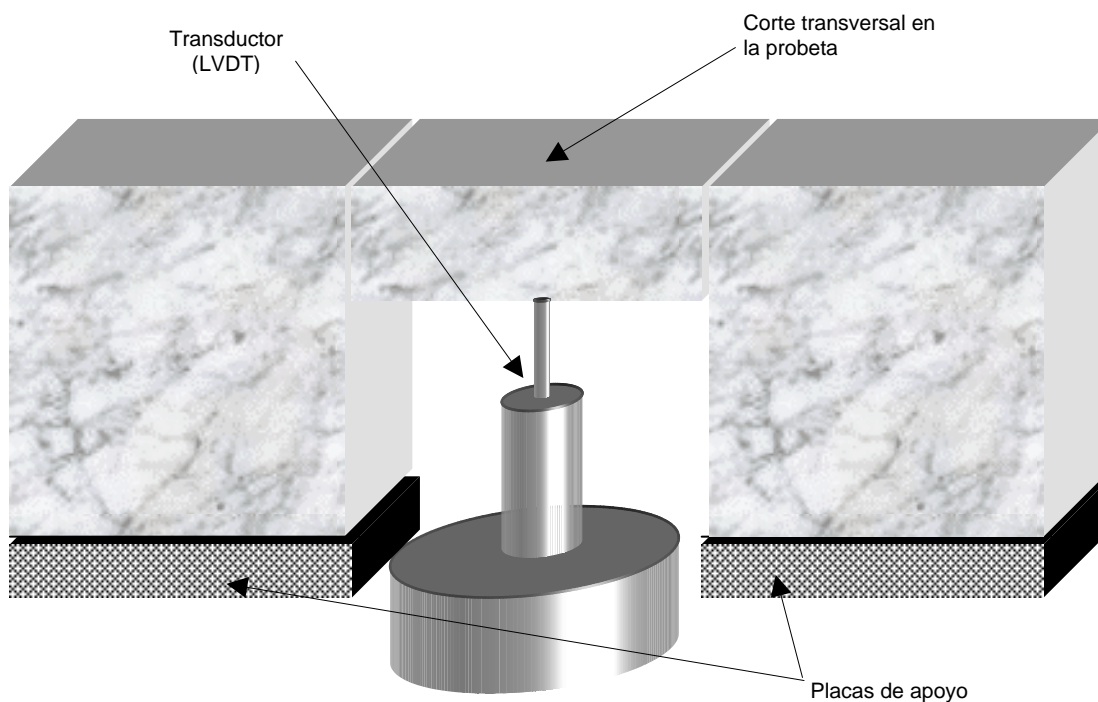


Figura 5.16 Previo a cada ensayo se verifica el contacto entre el LVDT y la superficie de hormigón.

Antes de realizar el ensayo definitivo, se debió ejecutar el programa del sistema de adquisición de datos, sin que el cabezal de la prensa estuviera haciendo contacto con la probeta, para verificar que todos los transductores estén transfiriendo señal al sistema de adquisición de datos, que a su vez guarda toda la información del ensayo en un archivo de datos legible en Excel o cualquier hoja de cálculo.

5.5 Descripción del sistema de instrumentación

En términos generales en la figura 5.17 se define el sistema de instrumentación y adquisición de datos que se utilizó.

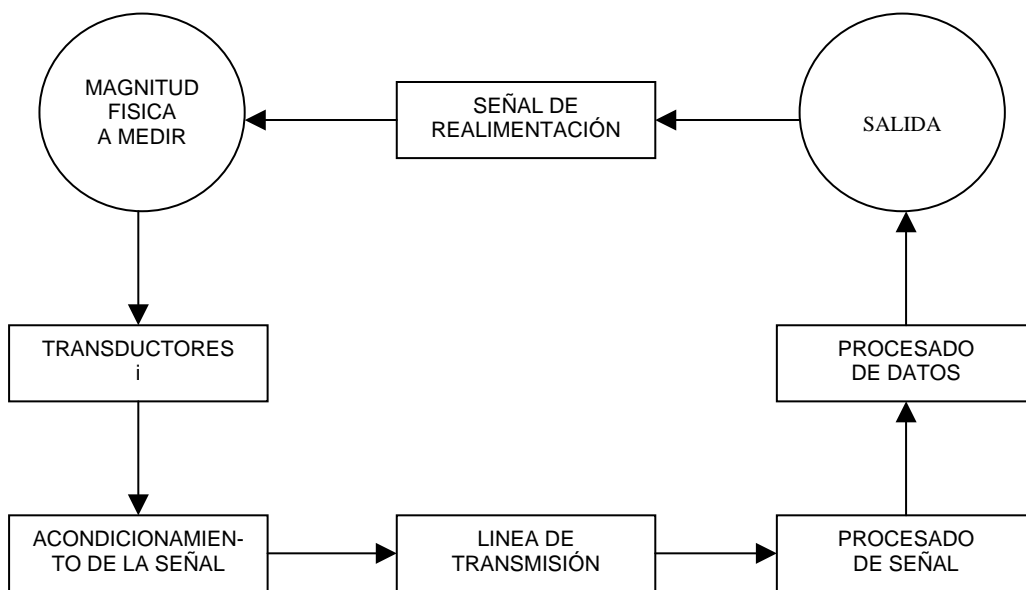


Figura 5.17 Esquema General del Sistema de Instrumentación

5.5.1 Transductores utilizados en la medición de deformaciones y desplazamientos

Los transductores utilizados en las deformaciones en las láminas de refuerzo fueron transductores pasivos, los cuales están basados en la variación de resistencia eléctrica, como son los potenciómetros, que se utilizan para medida de desplazamientos, las galgas o bandas extensométricas, que se emplean en la medida de deformaciones, y que se incluyen también en las células de carga para medir fuerzas, y las sondas resistivas y termistores, que se utilizan en la medida de temperaturas.

Los transductores usados en la medición de desplazamientos en el hormigón están basados en la variación de inductancia, como son los sensores de reluctancia variable VRT o los LVDT a transformadores diferenciales, que se basan en el acoplamiento magnético entre un devanado primario y dos secundarios puestos en oposición. Ambos tipos se utilizan en la medida de desplazamientos.

5.5.2 Acondicionamiento de la señal

El acondicionamiento de la señal se refiere a las diversas transformaciones y modificaciones que se aplican a la señal original de salida del transductor, antes de que la información que ella posee pueda considerarse como un dato que tenga que transferirse o ser registrado. El acondicionamiento de la señal puede realizarse antes o después de la línea de transmisión de datos. Una de las razones esenciales que conduce a tener que acondicionar la señal es poder ayudar a vencer las deficiencias en la línea de transmisión. Las operaciones fundamentales del acondicionamiento son la amplificación, el filtrado, la modulación y demodulación y la conversión analógica - digital o digital - analógica. La amplificación consiste en recoger la salida de los transductores y elevar sus niveles de tensión o corriente a valores convenientes para que puedan manipularse con instrumentos de medida o registro. Generalmente la señal suele llevar incorporado un nivel de ruido, que representa una señal no deseada, que aparece en los diferentes componentes del sistema de instrumentación y que debe reducirse por medio de filtros con objeto de que la relación señal/ruido sea la máxima posible. El ruido se presenta bajo dos formas, una es de naturaleza aleatoria y su origen es el propio equipo electrónico: Conductores y elementos activos tales como transistores, diodos, etc. El otro tipo de ruido proviene de circuitos exteriores, tales como máquinas eléctricas rotativas o líneas eléctricas cercanas, que provocan inducciones que recogen los cables de transmisión del sistema de instrumentación. El primer ruido se denomina ruido eléctrico aleatorio y el segundo interferencia eléctrica.

Generalmente la señal de los transductores pasa previamente por una serie de filtros para eliminar el ruido al máximo y posteriormente se amplifica, para que de esta forma se logre un nivel de señal muy superior al del ruido. La amplificación en nuestro caso fue en tensión, aunque puede realizarse en corriente ó en ambas a la vez, lo que representaría en este último caso una amplificación de potencia.

5.5.3 Línea de transmisión

La información que mandan los transductores es enviada a través de la línea de transmisión a una velocidad determinada, dada en función de la cantidad de datos requeridos por segundo. En el caso de los ensayos de cortante el sistema de adquisición de datos realizó 5 lecturas por minuto donde cada lectura registraba 8 o 10 datos según el número de galgas.

En la colocación de bandas extensométricas se tuvo mucho cuidado de que los hilos no tuvieran contacto directo con las fibras de carbono, ya que estas son conductoras y puede impedir la lectura correcta de los datos.

5.5.4 Amplificadores

El amplificador es uno de los componentes más importantes del sistema de instrumentación. Se utiliza en casi todos los circuitos para aumentar las señales de bajo nivel que se obtienen en un puente de transductores, que son del orden de milivoltios, a un nivel suficiente para que puedan ser registradas con un instrumento de medida. Los amplificadores son necesarios en este caso para poder conseguir un acoplamiento de impedancias entre diferentes etapas de una cadena de medida. Cuando la señal de interés está mezclada con otra, denominada de modo común, se requieren amplificadores especiales para que las señales diferenciales puedan ser amplificadas a un nivel aceptable, al mismo tiempo que se atenúan las señales en modo común. Las características fundamentales que definen un amplificador son: a) impedancia de entrada, b) impedancia de salida, c) ganancia, y el ancho de banda. Generalmente la impedancia de entrada de los amplificadores de circuito integrado es muy elevada (del orden de megaohmios) de este modo el amplificador no representa ninguna carga para la etapa anterior del puente. La impedancia de salida es baja, del orden de decenas de ohmios. La ganancia representa el cociente entre la tensión de salida y la tensión de entrada y se puede ajustar con mucha facilidad. El ancho de banda representa, básicamente, el rango de frecuencias en las que la ganancia es constante.

La amplificación se realiza, con circuitos integrados específicos, basados en amplificadores operacionales, que admiten una señal diferencial a su entrada procedente del circuito puente y que dan una tensión de salida proporcional a la tensión diferencial aplicada.

5.6 Máquina de ensayo servohidráulica

5.6.1 La parte electrónica

La figura 5.18 representa la configuración de un sistema de ensayo típico y sus componentes básicos, y la figura 5.19 muestra una prensa servohidráulica con esta configuración. El primer componente que se activa en un ensayo es el generador de funciones, que produce la entrada de referencia predefinida por el usuario y se la transfiere al controlador. El controlador tiene, además, acceso continuo a la señal de salida de la variable de control y utiliza estas dos señales para generar la señal de control que gobierna la servoválvula. (Gettu, Carmona, Aguado. 1998)

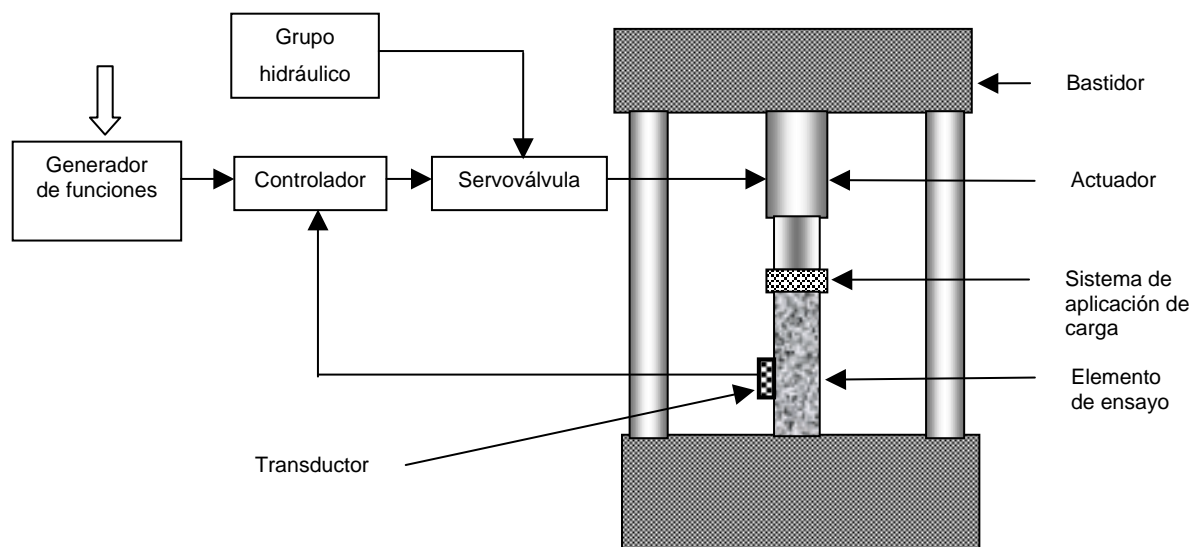


Figura 5.18 Configuración esquemática del sistema de ensayo servohidráulico utilizado.

El controlador puede ser de dos tipos básicos: analógico, en el que, teóricamente, el lazo siempre está cerrado, o digital que es el caso en cual nos encontramos, donde el lazo se cierra del orden de una a cinco mil veces por segundo correspondiendo al muestreo de los datos. Esta velocidad de cierre del lazo es suficiente para realizar ensayos estables en materiales frágiles, como rocas y hormigón. Debemos aclarar que, incluso cuando el controlador es digital, se usan algunos componentes analógicos en el sistema, tales como los transductores. El controlador electrónico está diseñado para que los ruidos generados por las variaciones aleatorias de las señales en los distintos componentes no afecten a su funcionamiento y en general, se recomienda mantener el ruido menor que un 0.25% del rango total de los transductores.

Otro aspecto importante es la medición de la variable controlada. Para controlar el ensayo se elige alguna característica del comportamiento de la probeta, que puede ser una de las siguientes: la carga, el desplazamiento, la deformación, la velocidad o la aceleración. Normalmente, se registra la señal de salida de la variable controlada con un transductor que esté en contacto con la probeta o el actuador.

El desplazamiento del pistón fue la variable elegida a controlar, tanto en los ensayos de tracción en las láminas a caracterizar, como en los ensayos de cortante en las probetas de hormigón.

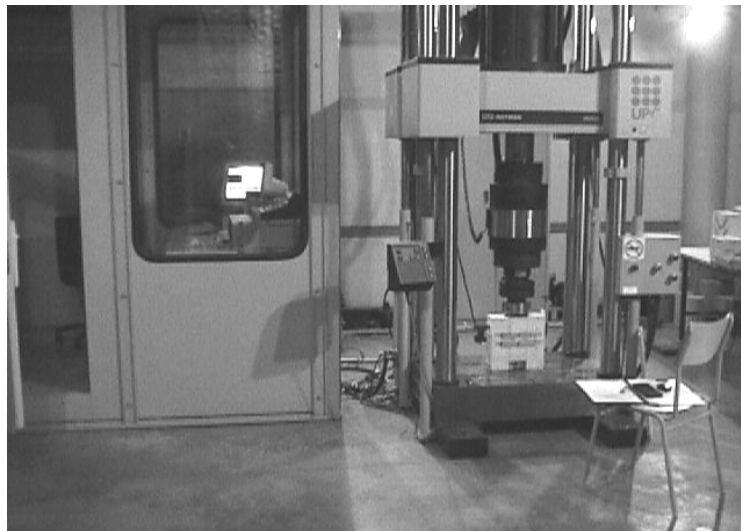


Figura 5.19 Configuración del sistema de ensayo servohidráulicoPre-ensayo en la campaña aramida
(Laboratorio de Tecnología de Estructuras. Universidad Politécnica de Cataluña)

5.6.2 La parte mecánica

La configuración mecánica del sistema es importante para obtener un buen rendimiento de la prensa. El bastidor o pórtico de carga está diseñado con el mínimo de uniones y componentes móviles para que la rigidez del sistema sea la más alta posible para garantizar la máxima estabilidad durante el ensayo. Además, una mayor rigidez permite aplicar la carga con un desplazamiento mínimo del actuador y en menos tiempo. La rigidez está influida por todos los componentes, incluyendo el actuador, el bastidor de la prensa, la célula de carga, la columna de aceite, algunas piezas del sistema hidráulico y el sistema de aplicación de carga. La presión del aceite también influye, ya que una presión baja conduce a menores deformaciones de la columna de aceite y a una mayor rigidez total.

5.6.3 La parte hidráulica

La capacidad de un sistema de ensayos para responder exactamente al controlador depende de las características de las servoválvulas. El rendimiento de la válvula, para cada combinación de la señal de entrada y tipo de actuador, depende de la velocidad máxima del flujo, la cual generalmente está en el rango de 5 a 1.500 litros por minuto. En los sistemas dinámicos se emplean válvulas más grandes, debido a que el desplazamiento rápido del actuador requiere un mayor flujo de aceite. Las servoválvulas más pequeñas son más sensibles y estables, y se utilizan en sistemas estáticos donde controlan más bien la presión del aceite que su flujo.