

Ficha Técnica FS01

REFUERZO ESTRUCTURAL

Láminas CFK y fibras FRP

Tecnología y productos para el refuerzo estructural con materiales compuestos de fibra de carbono – FRP SYSTEM®



* DESCRIPCIÓN *

El uso del sistema de refuerzo FRP SYSTEM (compuesto por productos laminados pultruidos, tejidos unidireccionales y bidireccionales y adhesivos aprobados), para la consolidación de estructuras de hormigón armado y pretensado, mampostería, maderas y acero es una técnica ampliamente difundida en el mercado internacional. Este sistema es ampliamente utilizado en el campo de la restauración y conservación de monumentos y edificios históricos.

Desde el 2005 en Italia, el proyecto y el dimensionamiento de las intervenciones mediante la aplicación del FRP se encuentran reglamentados por los lineamientos de la guía CNR DT 200/2004, aprobada por el Consejo Superior de la Labor Pública de Italia en julio de 2009, junto a la nueva Norma Técnica de la Construcción. El documento CNR DT 200/200 y siguientes reglamentan la implementación de materiales compuestos en el sector del hormigón armado, la mampostería, la madera y el acero.

A título informativo, muchos países han aprobado los lineamientos y normas en el sector del FRP, de los cuales citamos la BS8110, la DIN 1045-1, la ACI 318-99. Además, se pueden encontrar en el mercado algunos softwares de cálculo para las estructuras en hormigón armado y pretensado, como por ej. LLAMELA 5.3 y COLLONA 1.4.

Estos productos tecnológicos de elevada calidad, certificados como materiales y como sistemas completos para refuerzo, son: láminas **CFK** pultruidas, tejidos **C-SHEET**, **A-SHEET**, **G-SHEET** de carbono, aramida y vidrio (E y AR), tejidos CTU-CTB de carbono, conectores **AFIX**, **BFIX**, **CFIX**, **GFIX** y **SFIX**, barras **BFK**, **CFK**, **GFK**, placas de anclaje **ANCORFIX**, adhesivos aprobados de la línea **RESIN**. Por otra parte, es de particular interés la tecnología de pretensado de láminas **CFK** para el refuerzo de elementos sometidos a flexión, especialmente de grandes luces y sujetos a cargas estáticas y cíclicas relevantes y para fatiga, tales como puentes (tanto carreteros como ferroviarios), ya homologada e implementada en la red de carreteras europea.

Nuestra empresa también brinda un importante servicio de consultoría y asistencia de carácter ingenieril reservada para la administración pública, las empresas, diseñadores y técnicos del sector.

* APLICACIÓN *

Las principales aplicaciones del FRP SYSTEM son las siguientes:

- Refuerzo a flexión, corte y torsión de vigas y losas de hormigón armado y pretensado, aún para grandes luces.
- Refuerzo para el confinamiento ante cargas axiales y pandeo de columnas y pilares.
- Incremento de la ductilidad para la mejora y adaptación antisísmica, como por ej. para los encuentros entre vigas y columnas.
- Incremento de la resistencia al choque y reducción del mecanismo de colapso del tipo frágil.
- Incremento de la resistencia de muros de mampostería, arcos, bóvedas ante cargas por acciones sísmicas.
- Vinculación de elementos colaborantes ante acciones externas.
- Importante incremento del momento de fisuración.
- Realización de cordones al nivel del suelo y de la cubierta.
- Realización de bandas antideslizamiento para acciones que actúan fuera del plano de la pared.
- Elementos resistentes frente a acciones sísmicas actuantes en el plano y fuera del plano de la pared.
- Reducción del efecto de empuje sobre los elementos.
- Refuerzo de vigas y losas de madera.
- Refuerzo de vigas y columnas de acero.

*** VENTAJAS ***

- Características mecánicas y prestaciones muy elevadas.
- Elevada resistencia química y a la corrosión.
- Ausencia de fluencia lenta (creep), por la presencia del carbono.
- Ausencia de deslizamiento en la interfaz refuerzo-estructura.
- Modulo elástico elevado y variable en función de las necesidades estáticas.
- Seguridad y durabilidad del sistema FRP.
- Buena resistencia del carbono en ambientes húmedos (absorción del agua 0,1%).
- Excelente absorción de las fibras y del tejido de carbono.
- Elevada resistencia al desgarrar del sistema, también sobre soportes no homogéneos.
- Peso propio del sistema muy reducido.
- Espesor medio del refuerzo 1-3 mm aproximadamente.
- Simplicidad de aplicación del sistema, sin grandes gastos de obra ni incomodidades.
- Tiempo de reutilización nulos o muy bajos.
- Sistema ampliamente ensayado en el tiempo.
- Tiempos y costes de aplicación reducidos.



*** DATOS TÉCNICOS ***

LÁMINA CFK PULTRUÍDA DE CARBONO

(contenido de fibras > 68%)

Tipo	Láminas CFK 150/2000	Láminas CFK 200/2000	Láminas CFK 250/2000
Módulo elástico	> 160 GPa	>200 GPa	250 GPa
Resistencia a tracción a rotura	>2500 MPa	2500 MPa	>2400 MPa
Alargamiento a rotura	>1,5 %	>1,3 %	>0,8%

Clasificación	Largo (cm)	Espesor (mm)	Clasificación	Largo (cm)	Espesor (mm)
150/2000/0512	5	1,2	200/2000/0514	5	1,4
150/2000/0514	5	1,4	200/2000/0814	8	1,4
150/2000/0612	6	1,2	200/2000/1014	10	1,4
150/2000/0614	6	1,4	200/2000/1214	12	1,4
150/2000/0812	8	1,2			
150/2000/0814	8	1,4	250/2000/0514	5	1,4
150/2000/1012	10	1,2	250/2000/0814	8	1,4
150/2000/1014	10	1,4	250/2000/1014	10	1,4
150/2000/1212	12	1,2	250/2000/1214	12	1,4
150/2000/91214	12	1,4			

Las láminas CFK se suministran en rollos de 50-100 m o pre cortadas a medida.
Para otras medidas consultar a la oficina técnica de la empresa.

SISTEMA ADHESIVO APROBADO CONFORME A NORMA EN 1504-4 PARA LÁMINAS CFK

(ver fichas técnicas)

- RESIN PRIMER:** adhesivo bicomponente para soportes porosos (hormigón, mampostería).
- RESIN PRIMER E:** adhesivo bicomponente libre de solventes.
- RESIN 90-95:** adhesivo bicomponente para el pegado de láminas **CFK**.
- RESIN CLEANER:** diluyente para pulido de láminas **CFK**.



FIBRAS Y TEJIDOS DE CARBONO UNI Y BI DIRECCIONALES

(Resistencia a tracción del filamento 4700-4900 MPa)

Fibras estiradas planas unidireccionales de alta eficiencia **C-SHEET** (indicada particularmente para el refuerzo de hormigón armado y pretensado)

Clasificación	Alto (cm)	Peso (g/m ²)	Módulo elástico (GPa)	Resistencia a tracción tejido (MPa)	Alargamiento %
240/200/20	20	200	240	3800	1,8
240/200/30	30	200	240	3800	1,8
240/300/	10-20	300	240	3800	1,8
240/300/	30-50	300	240	3800	1,8
240/400/	30-50	400	240	3800	1,8
240/500/	30-50	500	240	3800	1,8
240/600/	30-50	600	240	3800	1,8
390/300/	30-50	300	390	3000	0,8
390/400/	30-50	400	390	3000	0,8
390/600/	30-50	600	390	3000	0,8
640/400/	30-50	400	640	2600	0,5

Todos los materiales están disponibles en rollos de 50-100 m.
Para otra tipología consultar a la oficina técnica de la empresa.

TEJIDOS DE FIBRAS UNIDIRECCIONALES CTU

(Indicados para el refuerzo de mampostería y hormigón)

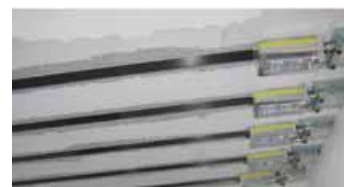
Clasificación	Alto (cm)	Peso (g/m ²)	Módulo elástico (GPa)	Resistencia a tracción tejido (MPa)	Alargamiento %
240/300/05	5	300	240	3800	1,8
240/500/05	5	500	240	3800	1,8
240/300/10	10	300	240	3800	1,8
240/500/10	10	500	240	3800	1,8
240/300/20	20	300	240	3800	1,8
240/500/20	20	500	240	3800	1,8
240/300/50	50	300	240	3800	1,8
240/500/50	50	500	240	3800	1,8
240/300/100	100	300	240	3800	1,8
240/500/100	100	500	240	3800	1,8

TEJIDOS DE FIBRAS BIDIRECCIONALES CTB

(Indicados para el refuerzo de mampostería y hormigón)

Clasificación	Alto (cm)	Peso (g/m ²)	Módulo elástico (GPa)	Resistencia a tracción tejido (MPa)	Alargamiento %
240/220/	20-50	320	240	3800	1,8
240/320/	10-20-50	320	240	3800	1,8

Todos los materiales están disponibles en rollos de 50-100 m.
Para otra tipología consultar a la oficina técnica de la empresa.



FIBRAS Y TEJIDOS DE CARBONO CUADRIAXIALES

C-SHEET 240/380/127 Q	Peso 380 g/m ²	Mod.Elástico 240 GPa	Res. Tejido 3800 MPa
	Alarg. A rotura 1,8 %	Rollo: altura 127 cm	Longitud 50 m

FIBRAS UNIDIRECCIONALES DE ARAMIDA A-SHEET

Módulo elástico	120 GPa
Resistencia a tracción a rotura	2900 MPa
Alargamiento a rotura	2,50%

Clasificación	Alto (cm)	Peso (g/m ²)
A-SHEET 120/300/30	30	300
A-SHEET 120/400/30	30	400

Todos los materiales están disponibles en rollos de 50-100 m.
Para otra tipología consultar a la oficina técnica de la empresa.

FIBRAS DE VIDRIO UNIDIRECCIONALES Y BIDIRECCIONALES G-SHEET

Fibra G-SHEET	TIPO E	TIPO AR
Módulo elástico	73 GPa	65 GPa
Resistencia a tracción a rotura	3400 MPa	3000 MPa
Alargamiento a rotura	4,50%	4,30%

Clasificación	Tipo	Uni/Bi	Alto (cm)	Peso (g/m ²)
G-SHEET 50/50*	AR	Bi	67	350
G-SHEET 50/50	E	Bi	67	350
G-SHEET 90/10	AR	Uni	67	440
G-SHEET 90/10	E	Uni	67	440

Todos los materiales están disponibles en rollos de 50m.
Para otra tipología consultar a la oficina técnica de la empresa.

SISTEMA ADHESIVO APROBADO CONFORME A LA EN-1504-4 PARA FIBRA DE CARBONO C-SHEET Y CTU-CTB

RESIN PRIMER:	adhesivo bicomponente para soportes porosos (hormigón, mampostería, maderas).
RESIN PRIMER E:	adhesivo bicomponente libre de solventes.
RESIN 90-95:	adhesivo bicomponente para enrasado y pegado.
RESIN 70-75:	adhesivo bicomponente para el pegado y saturación de fibras.
RESIN 77 RESICEM:	adhesivo tricomponeente traspirable para el pegado y saturación de fibras.

SISTEMA DE ANCLAJE
Placas de anclaje para laminas CFK ANCORFIX

Clasificación	Largo laminas CFK (cm)
AF 05	5
AF 06	6
AF 08	8
AF 10	10
AF 12	12



Adhesivos aprobados: RESIN 90-95
Son necesarias 2 placas por cada lámina CFK.
Para otras medidas consultar a la oficina técnica de la empresa.

Barras pultruidas lisas y de adherencia mejorada

Tipo	CFK	BFK	GFK
Diámetro (mm)	8-10-12	8-10-12	8-10-12
Módulo elástico (GPa)	>150	>62	>40
Resistencia a la tracción (MPa)	>2300	>1700	>1000
Alargamiento %	>1,5	>2,5	>2,5

CFK carbono, BFK balasto, GFK vidrio.
Las barras CFK están disponibles a pedido en elementos de 1 a 6 ml.
Los conectores en fibra para pegado por desfloración de las barras se encuentran disponibles en cartones de 10 ml.
Los adhesivos aprobados son: RESIN 70-75, RESIN 98, RESIN INJECT SF.

Conector en fibra de aramida AFIX*		Conector en fibra		Vidrio GFIX*	Basalto BFIX*
Módulo elástico (GPa)	110	Módulo elástico (GPa)	73	90	
Resistencia a la tracción (MPa)	1600	Resistencia a la tracción (MPa)	1000	1600	
Alargamiento %	1,5	Alargamiento %	1,5	1,8	
Diámetro (mm)	6/8/10/12	Diámetro (mm)	6/8/10/12		
Conector en fibra de carbono CFIX*		Conector en fibra de acero SFIX*			
Módulo elástico (GPa)	230	Módulo elástico (GPa)	170		
Resistencia a la tracción (MPa)	1600	Resistencia a la tracción (MPa)	2800		
Alargamiento %	0,8	Alargamiento %	1,8		
Diámetro (mm)	6/8/10/12	Diámetro (mm)	10/12		

Los datos técnicos de los conectores se refieren al producto terminado, no al filamento de la materia prima.
*Consultar la ficha de cada producto para los parámetros técnicos exactos de los materiales disponibles para la producción.

*** MÉTODO DE EMPLEO ***

Láminas CFK

El ciclo aplicativo del refuerzo estructural sobre hormigón armado o pretensado con láminas **CFK** requiere una preparación previa y precisa del soporte. El hormigón debe garantizar una resistencia al desgarro de al menos 1.2 MPa. Debe presentarse áspero, ya sea por arenado o por un cepillado enérgico. El soporte debe también estar seco (<4% de humedad) y exento de aceites, grasas y/o materiales incoherentes. La superficie debe estar exenta de polvo. En el caso de superficies fuertemente deterioradas es necesario reconstruir las zonas faltantes con mortero de alta resistencia tipo **CONCRETE ROCK**. Los desniveles superficiales no deben superar los 5mm en 2 metros. La temperatura de aplicación debe estar entre los 10-35 °C. Las láminas CFK deben ser cuidadosamente limpiadas con un paño blanco, utilizando el solvente especial **RESIN CLEANER**, a fin de remover el polvo de carbono presente. Aplicar **RESIN PRIMER**, y dentro de las 24 horas extender sobre el soporte y sobre las láminas **CFK** el

adhesivo **RESIN 90-95**. Colocar las láminas **CFK** sobre la superficie y presionar regularmente con las manos y posteriormente con un rodillo de goma dura, con el fin de permitir la difusión del adhesivo entre las láminas y el soporte. En caso de ser necesario utilizar morsas adecuadas. El adhesivo en exceso se deberá eliminar. El espesor aconsejado de adhesivo es de 1-3 mm. Controlar que el desnivel esté dentro de los límites establecidos. Evitar las vibraciones sobre la estructura por al menos 1-2 días. Para el refuerzo de vigas y losas con la técnica de pre-tensado de las láminas **CFK** consultar la documentación técnica especial.

Fibras C-SHEET y tejidos CTU CTB

La preparación de la superficie deberá ejecutarse como se vio en el párrafo anterior.

En el caso del enrasado de estructuras de mampostería de edificios históricos y monumentos, implementar morteros estructurales de cal y puzolana tipo **LIMECRETE**.

Se procederá entonces a la imprimación del soporte con **RESIN PRIMER** mediante una brocha o rodillo, en una cantidad adecuada a la absorción del soporte. Cuando se encuentre seca al tacto, y dentro de las 24hs siguientes, se aplicará, si es necesario, el enrasado **RESIN 90-95** con espátula; el enrasado puede actuar en ese caso incluso en la primera capa de adhesivo, sobre la cual puede ser colocada directamente la fibra de carbono; aplicar entonces la resina de pegado **RESIN 70-75** o **77 RESICEM** con brocha o rodillo. Extender el refuerzo de carbono según las orientaciones del proyecto y ejercer una presión constante con rodillo o manualmente hasta completar la impregnación de las fibras. Después de algunas horas, y dentro de las 24-48hs, aplicar una segunda mano de adhesivo. Repetir el ciclo si están previstas más capas de refuerzo, utilizando para las capas sucesivas el adhesivo **RESIN 70-75** con brocha o rodillo. Sobre la mano final de adhesivo se podrá espolvorear arena de cuarzo fresco sobre fresco, siempre que se tuviera que ejecutar revoques o recubrimientos sucesivos de adherencia. La protección final de la fibra, si está prevista, se aplicará sin contacto con el adhesivo. Se prestará especial atención a zonas puntiagudas, pues anulan las prestaciones del refuerzo, redondeando los bordes de acuerdo a la norma. En tal caso se procederá a un enrasado o bien a la reducción de las aristas por métodos flexibles o cualquier otro que sea adecuado. Una buena práctica consiste en solapar los refuerzos de fibra 20 cm en la dirección longitudinal y 2 cm en dirección transversal, por ej. en el confinamiento de columnas. Para el refuerzo a flexión y corte seguir las indicaciones del diseño.

Normas generales a las que atenerse en fase aplicativa

Los resultados favorables de los refuerzos estructurales FRP SYSTEM están estrechamente vinculados al cuidado con el que se ejecuten las distintas fases de aplicación. En particular se le debe prestar atención a los siguientes aspectos:

- Seguir cuidadosamente los tiempos de aplicación, las temperaturas y las prescripciones del proyecto.
- Ejecutar una correcta preparación y regularización del soporte.
- Manipular las láminas **CFK** y el tejido en fibra con cuidado, a fin de evitar daños a las fibras en la fase de ejecución; pulir adecuadamente las láminas **CFK** con el diluyente especial **RESIN CLEANER** antes de la instalación.
- Controlar visualmente la perfecta impregnación del adhesivo en el tejido de refuerzo o la adherencia de la lámina **CFK** en toda la sección, evitando la presencia de zonas no bañadas por el adhesivo y con burbujas de aire.
- El tejido debe mantenerse extendido y anclado con el fin de transmitir correctamente los esfuerzos; las láminas **CFK** deben tener desniveles < 5mm en 2 metros.
- Evitar en las zonas extremas el afloramiento del tejido que pueda provocar acciones de peeling local, aplicando una adecuada impregnación del adhesivo.
- Anclar según indicaciones de proyecto las láminas **CFK** y el tejido en correspondencia con los apoyos, o al menos en los extremos con tejidos ortogonales o placas de soporte según la disposición del proyecto. Utilizar el conector de anclaje cuando sea necesario.
- Alisar los ángulos y asperezas presentes.

*** CONSUMO ***

Están estrechamente relacionados a las prescripciones del proyecto y a las condiciones del soporte. Para el **RESIN PRIMER** el consumo medio es de aprox. 0.2-0.3 l/m² en función del soporte.

Se puede afirmar en general que para aplicar 1m de lámina **CFK** de 10 cm de largo son necesarios aprox. 0.5-0.6 kg/m de adhesivo **RESIN 90-95**.

Relativo al tejido son necesarios aprox. 2-3 kg/m² de adhesivo de enrase **RESIN 90-95** donde resulte necesario y 0.8-1 kg/m² de adhesivo de pegado y saturación **RESIN 70-75**; para aplicaciones de más capas de tejido son necesarios 0.4-0.5 kg/m² de adhesivo **RESIN 70-75** para cada capa extra.

*** PRESENTACIÓN ***

Las láminas **CFK** están disponibles en rollos de 50-100 m o cortadas a medida.

Tejidos en fibra de ancho variable, en rollos de 50-100 m.

Conectores en cajas de 10 m.

Barra de elementos de 1 a 6 m.

Adhesivo **RESIN**: Para la cantidad hacer referencia a las indicaciones del envase.

*** PRECAUCIONES ***

Usar guantes de goma en la etapa de aplicación. Evitar el contacto de la resina con la piel, la mucosa y los ojos.

Usar gafas protectoras. En caso de contacto lavar la parte afectada con abundante agua y jabón neutro. No utilizar el solvente para lavarse las manos, brazos y otras partes del cuerpo. En caso de contacto con los ojos contactar un oculista informando tipo y naturaleza de la sustancia que ha causado el inconveniente. Para otra información consultar la hoja de seguridad del producto.

*** ALMACENAMIENTO ***

Las láminas **CFK** y el tejido de fibras se conservan de manera indefinida en un lugar protegido, los adhesivos se conservan en el envase original sellados y a temperatura ambiente hasta 12 meses. Se deben proteger de las heladas.

*** ESPECIFICACIÓN ***

Tipo de intervención

Restauración y refuerzo a flexión y corte de vigas de hormigón armado y pretensado con láminas **CFK** y fibras de carbono **C-SHEET**.

Especificación técnica

Restauración y refuerzo a flexión y corte mediante la aplicación de láminas **CFK** pultruidas de fibra de carbono y fibra de carbono tipo **C-SHEET** según el siguiente proceso de aplicación:

- 1- Demolición del revoque presente en la zona de aplicación del refuerzo, eventual demolición del hormigón armado hasta ver la armadura de hierro.
- 2- Limpiar la superficie del hierro mediante cepillado en seco.
- 3- Tratar el hierro y la superficie del hormigón mediante la aplicación con brocha de la fórmula epoxídica bicomponente tipo **RESIN 78**, acción inhibitora de la corrosión y mejoradora de la adhesión para viejas superficies y nuevo material de restauración.
Reconstrucción de las vigas con mortero reforzado con fibras tixotrópicas, de retracción compensada y bajo módulo elástico tipo **CONCRETE ROCK V2**, compatible con la superficie.
- 4- Aplicación del refuerzo a flexión según la indicación del proyecto: aplicación del **RESIN PRIMER**, aplicación del adhesivo tipo **RESIN 90-95**, aplicación del refuerzo con láminas **CFK** pultruidas de fibra de carbono; aplicación terminal del adhesivo **RESIN 70-75** y espolvorear con arena de cuarzo para permitir la posterior aplicación del revoque, cuando sea necesario.
- 5- Aplicación del refuerzo de corte o de anclaje: aplicación del **RESIN PRIMER**, aplicación del adhesivo en forma de estuco epoxídico tipo **RESIN 90-95**, aplicación de las fibras unidireccionales tipo **C-SHEET** según el proyecto en dirección normal a la lámina **CFK** precedentemente colocada, aplicación del adhesivo de saturación **RESIN 70-75**, eventualmente espolvorear con arena de cuarzo para las posteriores operaciones de protección o enlucido.
- 6- Enrasado con cemento fibro-reforzado polimérico tipo **RASEDIL AS** de aprox. 3-5 cm de espesor y pintura protectora anticarbonatante tipo **RESINCOLOR**.
Alternativamente aplicar el revestimiento anticarbonante elástico resistente a UV tipo **RESINLAST** o **BETONCARE**.
Temperatura mínima de aplicación 10°C.

CÓSTOS APROXIMADOS:

- 1- Demolición del revoque y/o el hormigón deteriorado...€/m²
- 2- Suministro y colocación de la fórmula epoxídica para la protección del hierro de armadura y mejoramiento del anclaje tipo **RESIN 78**...€/m²
- 3- Suministro y colocación del mortero estructural polimérico fibro-reforzado bicomponente de bajo módulo tipo **CONCRETE ROCK V2** para un espesor de hasta 2 cm...€/m²
- 4- Suministro y colocación de la lámina **CFK** para el refuerzo a flexión...€/m
- 5- Suministro y colocación de la fibra unidireccional de carbono tipo **C-SHEET** para el refuerzo a corte y de anclaje...€/m²
- 6- Suministro y colocación del enrasado polimérico tipo **RASEDIL AS** y pintura protectora anticarbonante tipo **RESINCOLOR** o alternativamente un tratamiento con revestimiento elástico tipo **RESINLAST** o **BETONCARE**...€/m²

FRP SYSTEM está equipado con una guía de dimensionamiento y nuevos programas de cálculo específicos (Lamella 5.3 y Colonna 1.4), para la verificación de las estructuras de hormigón armado y pretensado, según la normativa italiana vigente CNR DT 200/2004 y Eurocódigo 2. Para más información contactarse con la oficina técnica de la empresa.

PHOENIX S.A.

Entre Ríos 2157 - Rosario - Prov. de Santa Fe - República Argentina

Teléfonos / FAX 54 (341) 4850849 - 4851191

E-Mail: Información General tecnoprod@typphoenix.com.ar

Comercialización ventas@typphoenix.com.ar

Sitio Web www.typphoenix.com.ar

PHOENIX S.A. - Copyright 2003. Todos los derechos reservados. Las indicaciones contenidas en el presente prospecto técnico responden en modo real y verdadero a nuestro mejor y actual conocimiento. En función del esmero con que deben ejecutarse las diversas fases de la aplicación sobre la cual no se tiene responsabilidad, pueden verificarse variaciones. Nuestra garantía se limita por lo tanto a la calidad y constancia del producto provisto de acuerdo a las mencionadas indicaciones.