

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Hugo Navarro Serrano, Ing. Ángel Navarro Mora, Ing. Mauricio Araya Rodríguez, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director



Ing. Hugo Navarro Serrano.
Profesor Guía



Ing. Ángel Navarro Mora.
Profesor Lector



Ing. Mauricio Araya Rodríguez.
Profesor Observador

**Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Construcción**

Análisis comparativo de muros de mampostería reforzada con y sin fibra de carbono

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Ana Gabriela Arias Arias
Erika Leonela López Uriarte

Cartago, Noviembre 2018

Análisis comparativo de muros de mampostería reforzada con y sin fibra de carbono

Abstract

The main aim of this dissertation is to research the behavior of reinforced masonry reinforced with carbon fiber systems.

For the means of this project, it was deemed crucial to subdivide the process in three stages: the first stage consists in exploring and examining the characteristics of masonry and carbon fiber broadly.

The second stage which was practical-experimental, consisted in the design and construction of samples, which were composed by concrete block walls, foundation and a crown beam, in accordance with the requirements of the CSCR10 and the laboratory tests, in which lateral load is applied to the walls and the resistance and maximum displacement are determined.

Lastly, the third and final stage consisted in analyzing the results of the previous two phases and the modeling of the samples in a structural analysis software.

With an overall approach of results, this dissertation project shows that with the presentation of carbon fiber in laminate, the strength of the wall increases by 55% compared to the model without carbon fiber reinforcement and with the presentation in fabric increases by 27%. Regarding the displacement, the samples with carbon fiber reinforced polymer (CFRP) in fabric and laminate, decrease by 39% and 34% respectively, in relation to the sample without CFRP.

Based on the results of load and displacement, the improvement of mechanical characteristics is verified when using CFRP reinforcement, concluding that the laminate presentation achieved better results when applied to concrete block walls.

Key words: Wall, Concrete Blocks, Carbon Fiber, Reinforcement, Shear Strength, Flexural Strength.

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo principal estudiar el comportamiento de bloques de concreto reforzados con base en sistemas de fibras de carbono.

Para esto se plantearon tres etapas, la primera etapa consiste en investigación de las propiedades de la mampostería y la fibra de carbono en general.

La segunda etapa, práctico – experimental, consistió en el diseño y construcción de las muestras, las cuales consisten en muros de bloques de concreto con la fundación y viga corona respectiva según requisitos del Código Sísmico de Costa Rica (CSCR10), así como el insumo principal de la investigación, los ensayos de laboratorio en los que se aplica carga lateral a los muros y se determina la resistencia y desplazamiento máximo. Por último, la tercera etapa, la cual consistió en analizar los resultados obtenidos en las etapas previas y la modelación de las muestras en un software de análisis estructural.

Con el estudio se obtiene que, con la presentación de fibra de carbono en laminado, la resistencia del muro aumenta en un 55% respecto al modelo sin reforzamiento de fibra de carbono y con la presentación en tejido aumenta un 27%. En cuanto al desplazamiento, las muestra con polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP) en tejido y laminado disminuyen en un 39% y 34% respectivamente, en relación con la muestra sin CFRP.

Basándose en los datos obtenidos tanto de carga como de desplazamiento se comprueba el mejoramiento de características mecánicas al utilizar reforzamiento CFRP, concluyendo que la presentación en laminado alcanzó mejores resultados al aplicarse en muros de bloques de concreto.

Palabras clave: Muro, Bloques de concreto, Fibra de carbono, Reforzamiento, Capacidad a cortante, Capacidad a flexión.

Análisis comparativo de muros de mampostería reforzada con y sin fibra de carbono

ANA GABRIELA ARIAS ARIAS
ERIKA LEONELA LÓPEZ URIARTE

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Noviembre del 2018

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio.....	2
Resumen ejecutivo	4
Introducción.....	6
Marco Teórico.....	8
Metodología	25
Resultados	48
Análisis de resultados.....	60
Conclusiones	69
Recomendaciones	70
Apéndices.....	73
Anexos.....	74
Referencias.....	75

Prefacio

El reforzamiento de estructuras de mampostería tradicionalmente se ha hecho agregando armaduras, elementos metálicos o aumentando la sección de los distintos elementos de mampostería. Sin embargo, esta solución puede presentar problemas como: aumento del peso propio de la estructura, disminución de la superficie útil, reducción de la altura libre de la estructura, necesidad de hacer rediseños, largos tiempos de intervención, aumento de costos, entre otros.

Los muros de mampostería son elementos estructurales importantes dentro de la infraestructura habitual del país, pues se considera un sistema constructivo eficiente ante la resistencia de cargas, y en el aporte de rigidez lateral. La baja capacidad estructural, la sobrecarga, las vibraciones dinámicas y las cargas no previstas en el diseño, en el plano y fuera de él, pueden provocar la falla de paredes de mampostería.

Ante la degradación de las propiedades mecánicas y la consiguiente pérdida estructural, o bien, un caso de sobrecarga no previsto en diseño hace necesaria la reparación y/o refuerzo de los elementos. La utilización de materiales compuestos de fibras de carbono, como refuerzo de paredes de mampostería, pueden incrementar sustancialmente la resistencia y ductilidad de estas, mejora el comportamiento del sistema bajo cargas altas y previene modos de falla indeseables (El-Dakhkhni et al, 2005). Si bien se ha demostrado experimentalmente que la técnica de refuerzo y/o reparación con materiales de matriz polimérica reforzados con fibras, resulta muy eficiente al aumentar la resistencia mecánica, para mejorar las técnicas de intervención, es necesario lograr una mejor descripción del comportamiento mecánico de la mampostería reforzada y/o reparada.

La aplicación de estas alternativas requiere resolver algunos aspectos relacionados con su aplicación, tales como: falta de códigos y guías de uso, falta de capacitación de profesionales en este tema, falta de experiencia en el comportamiento a largo plazo, la susceptibilidad al fuego y el sabotaje,

elevados costos iniciales, entre otros, lo cual aplica en todo aspecto en el país.

El presente estudio tiene como objetivo general estudiar el comportamiento de muros de mampostería bajo los efectos de reforzamiento con base en sistemas de fibras de carbono, lo cual se realiza bajo la normativa vigente en el país para la construcción con bloques de concreto y el uso de fibras de carbono, contemplando dos presentaciones distintas de fibra.

Agradecimientos

Para la realización de este proyecto se contó con la colaboración de personas que creyeron en la importancia y el aporte que este pueda brindar dentro de la tecnología de materiales aplicable a la construcción.

Primeramente, agradecemos al Ing. Hugo Navarro Serrano, M.Sc, quien como profesor guía impulsó el desarrollo del proyecto y brindó su conocimiento, tiempo y dedicación como colaboración a la elaboración de este. Al Ingeniero y Director de la Escuela de Ingeniería en Construcción, Gustavo Rojas Moya por su disposición y colaboración en todo momento.

Como parte de las donaciones de materiales, ejecución y consultas técnicas, sin lo cual no se podría haber realizado este proyecto, agradecemos al equipo de la empresa APLITEC; Ingenieros Juan Carlos Barboza y Ricardo Barboza, a la empresa INTACO; su representante Heylin Brenes M, a la empresa SIKA; su representante Andrés Angulo Vargas, al Departamento de Ingeniería - Planificación y Control de América Free Zone y a los profesores y técnicos del CIVCO del Tecnológico de Costa Rica que participaron en la ejecución del proyecto, especialmente al Ing. Ángel Navarro Mora por su tiempo y disposición para con el proyecto.

A mi familia, por ser el pilar en cada etapa de mi vida y la razón por querer ser mejor cada día.

A mis amigos y compañeros de carrera; en especial a Stiven, Sheirys, Darnel y Mónica, por su apoyo y por hacer de cada momento de esta etapa un mejor recuerdo.

A Gabriela, mi compañera y amiga, por su apoyo, entrega y confianza durante el desarrollo de nuestro proyecto.

Erika

A Dios, por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mí persona.

A mi madre Ginette Arias Vega, por ser mi apoyo incondicional.

A mi padre, Carlos Arias Alvarado por ser mi ejemplo a seguir y por guiarme a lo largo de este camino.

A mis hermanas, por ser mi soporte en todo momento.

A todos mis amigos y compañeros de estudio, en especial a Erika por la paciencia y dedicación que tuvo con este proyecto.

Y a la familia Brenes Mata por acogerme y recibirme a lo largo de estos años dentro de su núcleo familiar.

Gabriela

Resumen ejecutivo

El presente proyecto mediante distintas etapas que contemplan investigación y sesiones prácticas pretende realizar un análisis comparativo entre muros de mampostería con y sin reforzamiento de fibra de carbono.

Tradicionalmente el reforzamiento de estructuras de concreto y mampostería se ha realizado con elementos de acero (varillas) u otras alternativas de elementos metálicos, o bien, generando un aumento en la sección. Sin embargo, estas soluciones pueden presentar problemas como: aumento del peso propio de la estructura, disminución de la superficie útil, reducción de la altura libre de la estructura, necesidad de hacer rediseños, largos tiempos de intervención, aumento de costos, entre otros.

Estructuralmente, existen diversas situaciones en las que una estructura requiere de una intervención en la que se refuerce su capacidad mecánica; baja capacidad estructural, sobrecarga, vibraciones dinámicas y cargas no previstas en el diseño, son algunos de los casos en los que las estructuras requieren de reforzamiento sin entrar en el concepto de rehabilitación.

El objetivo principal de esta investigación es estudiar de manera preliminar el comportamiento de muros de bloques de concreto bajo el sistema de reforzamiento de fibra de carbono, pensando en la importancia de introducir el uso de materiales compuestos como reforzamiento en elementos de mampostería, el cual es un sistema constructivo habitual en el país. Lo anterior se considera de suma importancia debido a la limitada información con la que se cuenta para este caso de sistema constructivo y reforzamiento, y por ende la poca capacitación de personal profesional para llevar a cabo este tipo de intervenciones, a pesar de no ser una tecnología de materiales novedosa a nivel mundial.

La fibra de carbono como material compuesto por sí misma cuenta con importantes propiedades mecánicas. En la industria de la construcción, mejora el comportamiento mecánico de los elementos estructurales en los que es aplicada.

La utilización de materiales compuestos de fibras de carbono, como refuerzo de paredes de mampostería, pueden incrementar sustancialmente la resistencia y ductilidad de estas, mejora el comportamiento del sistema bajo cargas altas y previene modos de falla indeseables (El-Dakhkhni et al, 2005).

En la actualidad se encuentran distintas presentaciones de fibra de carbono para aplicar en el reforzamiento estructural; mechas de fibras, tejidos, tejidos híbridos compuestos por fibras de carbono y vidrio, láminas o platinas pre impregnados con epóxico.

Al contar con diversidad de presentaciones, el reforzamiento con fibra de carbono puede adaptarse de acuerdo a la sollicitación de la estructura, respondiendo a un diseño previo, el cual se recomienda sea realizado por un profesional en el área estructural. La normativa ACI 440R es la reglamentación vigente correspondiente a los compuestos de polímero reforzado con fibra, como una alternativa de reforzamiento, reparación y rehabilitación para los distintos elementos estructurales.

El proyecto se subdivide en tres etapas. La primera etapa consiste en la investigación de los temas principales; el comportamiento mecánico de la mampostería como sistema constructivo y la fibra de carbono como reforzamiento estructural. Como resultado de esta evaluación preliminar se seleccionan las presentaciones de fibra de carbono por utilizar; laminado y tejido.

La presentación en laminado está conformada por una matriz de resina epóxica en combinación con las fibras de carbono, las fibras son el componente con capacidad portante y la matriz epóxica el medio que las une entre sí, permitiendo la transferencia de cargas y protegiendo a las fibras del ambiente. De esta presentación es importante recalcar la ejemplificación de la importancia de la dirección de las fibras, ya que es en la orientación donde se encuentran las fibras en la platina tiene una alta

resistencia y rigidez. La segunda presentación seleccionada consiste en tejidos de fibra de carbono unidireccionales y multidireccionales, que para su colocación se satura con una resina epóxica y es realizada en capas. Su conformación como tejido permite su uso en elementos irregulares lo cual es una ventaja sobre la presentación de las platinas o láminas, cuya colocación es lineal y condicionada por su presentación, más ambas presentaciones se adaptan a las condiciones de los elementos de mampostería tipo muro.

La segunda etapa consiste en la sección práctica del proyecto. En esta etapa se diseña y construye el mayor insumo del estudio; tres muestras, compuestas por una fundación de concreto, un paño de mampostería y una viga corona de concreto. El diseño y construcción de las muestras se realiza bajo las recomendaciones contenidas en el Capítulo 9 del CSCR10, contemplando los requerimientos mínimos en cuanto a acero de refuerzo y realizando la respectiva caracterización de los materiales como control de calidad de las propiedades mecánicas de estos.

A dos de las muestras realizadas, se les efectúa el reforzamiento con fibra de carbono, aplicando a la muestra denominada "muro 2" la presentación de fibra en laminado, y a la muestra "muro 3" la presentación en tejido, mientras la muestra "muro 1" se mantiene únicamente con el reforzamiento de acero.

Se elabora la estimación teórica de las sollicitaciones para las tres muestras, de acuerdo con la metodología de diseño del Código Sísmico de Costa Rica y la normativa ACI 440R, obteniendo el cortante último y el momento de agrietamiento. Como parte también de la etapa práctica, se realiza un ensayo de laboratorio en las instalaciones del Centro de Investigación en Vivienda y Construcción. El ensayo consiste en la aplicación de cargas monotónicas laterales a las muestras construidas, obteniendo mediante un equipo de adquisición de datos la carga aplicada y la deformación en los muros. De esta forma se obtienen los datos de cortante máximo aplicado de forma práctica y desplazamiento máximo. Además, mediante un modelo no lineal en un software de análisis estructural, se obtiene el desplazamiento teóricamente aceptable para los elementos en estudio, a partir de un proceso iterativo de

aplicación de carga lateral, iniciando dicho proceso con la carga última estimada teóricamente.

Con los datos resultantes, se logra generar la comparación y análisis planteado por el estudio, lo cual representa la tercera etapa del proyecto.

La tercera etapa, como se mencionó, consiste en generar el análisis producto de los resultados obtenidos de las etapas previas. Como resultado se observó un incremento de resistencia para los muros con refuerzo de fibra de carbono entre un rango de 25% a 59% respecto al muro sin fibra de carbono, siendo la carga máxima aplicada 7022,94 kg.

En cuanto al desplazamiento, el máximo valor obtenido mediante el ensayo práctico corresponde a 30,32 mm en contraste con el teórico obtenido mediante el modelo estructural el cual fue aproximadamente 31,96 mm.

Mediante la investigación se concluye que el reforzamiento mediante CFRP mejora la capacidad de las muestras tanto en cortante como en flexión, aumentando la carga última. Así mismo, se obtiene una disminución en el desplazamiento lateral de las muestras reforzadas con fibra de carbono.

Por medio de una matriz comparativa, en la que se analizó el desempeño de los especímenes con los diferentes tipos de reforzamiento, se determina que la muestra con fibra de carbono en laminado obtuvo los mejores resultados al ser aplicada en los muros de bloques de concreto.

Dentro de las recomendaciones producto del proyecto, se considera importante realizar un diseño experimental más extenso, que considere el tamaño y número de muestras suficientes para que los resultados sean estadísticamente válidos.

Introducción

Hoy, el reforzamiento de estructuras de mampostería ha experimentado un crecimiento por factores como la pérdida de capacidad de las estructuras a través del tiempo por eventos sísmicos o por deterioro del material, actualización constante de los códigos y normativas, mal diseño de estructuras durante su construcción o por una mala ejecución de estas, entre otras.

La mampostería es el material predominante en Costa Rica, por lo que existe un aumento significativo de casos en donde este tipo de estructuras presentan la necesidad de reforzamiento, y la creciente demanda por sistemas de mejoramiento que sean confiables, económicos durables y de fácil aplicación.

Experimentalmente, a nivel internacional, los materiales compuestos con base en fibras sintéticas y resinas adheridas externamente al sustrato por reforzar, ha llegado a ser una realidad como una técnica de ejecución, tanto a esfuerzos de flexión, como a cortante y compresión. Sin embargo, a nivel nacional, la aplicación de los sistemas como fibras de carbono es un método de refuerzo que ha sido aplicado en puentes, pero hasta la fecha son pocas las investigaciones locales respecto a la efectividad del método.

Debido a la poca investigación que se ha realizado a nivel nacional sobre la aplicación de las fibras de carbono en estructuras de mampostería, específicamente bloques de concreto y al ser el material predominante en el país, surge la necesidad de obtener criterios de diseño para este tipo de refuerzos de aplicación en los campos de ingeniería y la construcción, teniendo en cuenta las excelentes propiedades que presentan los materiales compuestos.

En la actualidad, el país no cuenta con una normativa de diseño de elementos con reforzamiento de fibras de carbono. Para realizar este proyecto, se utilizaron las normas establecidas

por el Instituto Americano de Concreto (ACI) comité 440, específicamente la guía 440.7R-10.

El presente documento está compuesto por las siguientes secciones:

Marco teórico: Se divide esta sección en tres apartados, que son las fibras de carbono, la mampostería y la utilización del software de diseño. Para cada uno de los apartados se definieron los conceptos más importantes, así como las propiedades de los materiales (para las fibras y la mampostería) y todos aquellos aspectos que son indispensables para desarrollar la metodología del proyecto.

Metodología: Al igual que el marco teórico se divide en los mismos tres apartados, con la salvedad que para este caso se colocan todos los criterios bajo los cuales se llevaron a cabo cada una de las etapas del proyecto, para ello se establecen las secciones teóricas, experimentales y prácticas.

Resultados: Se presentan los resultados obtenidos en las distintas etapas en las que consiste el proyecto, por medio de cuadros y figuras.

Análisis de resultados: Se realiza el análisis de la sección de resultados para cada uno de los especímenes de prueba, comparando y estableciendo similitudes o diferencias entre ellos.

Conclusiones: se exponen las conclusiones a las que fue posible llegar con respecto a la investigación realizada y los resultados obtenidos.

Recomendaciones: se brindan recomendaciones por tomar en cuenta en futuras pruebas de reforzamiento de muros con fibras de carbono.

Objetivo General

Como objetivo general se planteó estudiar el comportamiento de muros de bloques de concreto con reforzamiento a base de sistemas de fibras de carbono. Comparando con un muro modelo los requerimientos del CSCR, el estudio se limitó a la aplicación de carga lateral monotónica creciente, para así conocer la capacidad a cortante y flexión

de los especímenes, así como el desplazamiento generado por estas aplicaciones de carga.

Objetivos específicos

- Determinar y analizar valores teóricos de los muros para realizar comparaciones con los valores experimentales obtenidos.
- Comprobación teórica de cortante y momento último, utilizando un software de modelación.
- Evaluar el comportamiento de esfuerzos en los muros bajo los efectos de sistemas de fibras de carbono, por medio de pruebas de laboratorio.
- Realizar análisis comparativo en términos de capacidad y deformación de especímenes según el reforzamiento utilizado.

Alcance y limitaciones

- Se estudió únicamente la capacidad de los muros de mampostería bajo esfuerzos por cortante y flexión, así como las consideraciones y límites de desplazamiento, dejando fuera del alcance la evaluación de la resistencia a la compresión de los muros.
- Se construyeron únicamente tres especímenes de prueba como una primera experiencia.
- Se utiliza un software de análisis distinto al propuesto para diseño, debido a las limitaciones que generaba este, pudiendo ocasionar alta incertidumbre en los resultados obtenidos.
- No se realizaron pruebas de laboratorio para las distintas presentaciones utilizadas de polímeros de fibras de carbono, las propiedades y demás datos relevantes para la ejecución del proyecto fueron tomados de las hojas técnicas respectivas facilitadas por el proveedor.

Marco Teórico

Fibra de Carbono

Una de las alternativas actuales para el reforzamiento y/o restauración estructural de elementos, es la tecnología de polímeros presente en distintos materiales compuestos, este tipo de tecnología de materiales se ha desarrollado continuamente desde hace algunos años y actualmente, las casas productoras cuentan con distintas presentaciones factibles económicamente en cuanto al uso en distintas industrias, incluida la industria de la construcción.

Tecnológicamente, los materiales compuestos con fases dispersas en forma de fibras son los más importantes. A menudo se diseñan materiales compuestos reforzados con fibras con la finalidad de conseguir elevada resistencia y rigidez a baja densidad. Utilizando materiales de baja densidad, tanto para la matriz como para las fibras, se fabrican compuestos reforzados con fibras que tienen resistencias y módulos específicos excepcionalmente elevados. (Moral y López, 2017)

Parte de estos materiales son los reforzados con fibras de carbono (CFRP), los cuales presentan altas ventajas en cuanto a la capacidad de reforzamiento en la industria de la construcción.

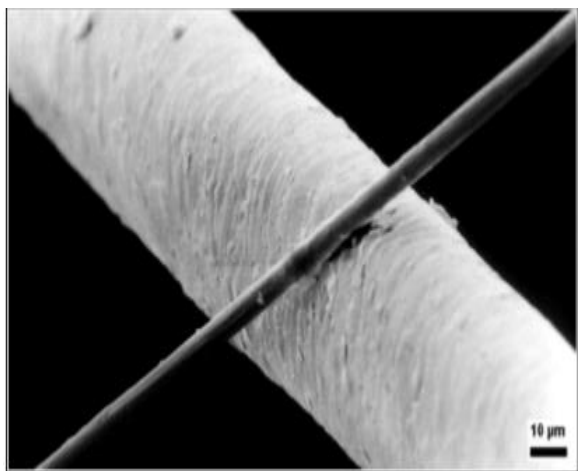


Figura 1. Diámetro de fibras de carbono
Fuente: Rendón, J.

CFRP

La fibra de carbono (CFRP) es un material compuesto constituido por filamentos fibrosos muy pequeños de 5-10 micras (μm) de diámetro. Los átomos de carbono que conforman las fibras de carbono se encuentran entrelazadas entre sí a través de cristales, los cuales están alineados paralelamente al eje longitudinal de la fibra, dándole a la fibra una alta resistencia en relación a su tamaño (Ojeda, 2011). Es importante, para entender el funcionamiento de las CFRP y realizar un uso acertado de estas, conocer desde su configuración hasta el proceso de producción de las distintas presentaciones.

Configuración

A través de los años y debido a los cambios presentes en la industria y tecnología, la configuración de la fibra de carbono ha sufrido modificaciones, aunque siempre conservando la base; fibras largas y altamente ordenadas, siguiendo una estructura cristalina hexagonal, similar a la estructura química del grafito. “El nombre de fibra de carbono es otorgado porque contiene hilos compuestos de mini filamentos de carbono, con diámetros entre 5 y 10 μm (Llano, 2009)”.

Materiales compuestos, tales como la fibra de carbono, se constituyen de aproximadamente un 95% de carbono y un 5% de otros componentes. Hoy en día alrededor del 90% de las fibras de carbono producidas están hechas de poliacrilonitrilo (PAN). El 10% restante se hace de rayón o de petróleo. Todos estos materiales son polímeros orgánicos, caracterizados por largas cadenas de moléculas unidas entre sí por átomos de carbono.

La composición exacta de cada materia prima utilizada para fabricar las fibras de carbono varía de una empresa a otra y generalmente se considera un secreto comercial. (Zoltek, 2017)

Proceso de producción

La fibra de carbono es obtenida mediante distintos procesos, dependiendo de los diferentes precursores, sin embargo, dichos procesos poseen en común la mayoría de las etapas, a continuación, se describe el procedimiento más utilizado para producir fibra de carbono de acuerdo a lo expuesto en la Revista Académica de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán:

El material es estirado en un tipo especial de horno a una temperatura aproximada de 300 °C, de esta forma se genera el alineamiento de las partículas y su estabilización. El calentamiento se mantiene en ascenso de la temperatura, posterior a los 1000 °C se genera el desprendimiento de restos de nitrógeno o hidrógeno y el ordenamiento y orientación en forma hexagonal a lo largo de la fibra de las moléculas de carbono. Al llegar a los 2000 °C, se le aplica un catalizador que provee de adherencia a la fibra. Este proceso da como resultado filamentos de carbono con una pureza del 95 al 99 %, el material obtenido es trefilado en diámetros de 5 a 10 μm y se trenzan en ambas direcciones de manera que se forme una tela.

Propiedades

Los materiales compuestos; polímeros reforzados con fibras de carbono, consisten en fibras de carbono ubicadas sobre una matriz epóxica. Los materiales epóxicos constituyen matrices útiles a causa de su excelente adherencia.

Las propiedades de un material compuesto dependen de las propiedades geométricas y la distribución de los materiales componentes. Uno de los parámetros más importantes es la fracción en volumen de fibras en el material compuesto. La geometría y orientación del refuerzo afectan la anisotropía del sistema (Avilés,2002)

Las fibras de carbono al igual que otros materiales compuestos, presentan propiedades específicas que como material lo hacen valioso en los distintos usos que se le pueden dar, algunas de las propiedades de la fibra de carbono en relación al uso en la industria de la construcción como reforzamiento son las siguientes:

- Baja densidad, se le considera un material ligero dentro de los materiales compuestos.

- Bajo coeficiente de dilatación, lo convierte en un material con buena estabilidad dimensional.
- Elevada resistencia mecánica con un alto módulo de elasticidad.
- Alto módulo de rigidez.
- Elevada resistencia a la fatiga.
- Buena capacidad de aislamiento.

Es precisamente la resistencia mecánica una de las principales propiedades requeridas en el reforzamiento de estructuras, al utilizarse materiales de baja densidad para la matriz como para las fibras como lo es el caso de los materiales compuestos por fibra de carbono, la resistencia mecánica y los módulos específicos son excepcionalmente elevados, así lo indica Theodor L. Brown; "En los materiales compuestos de carbono, las fibras de grafito se tejen para formar una tela que se incrusta en una matriz que aglutina las fibras para formar una estructura sólida. El material compuesto terminado es más resistente que cualquiera de sus componentes (Brown, 1997)".

Aplicaciones

Las aplicaciones en las que se utiliza actualmente la fibra de carbono es una amplia gama de industrias, entre las principales se encuentran las siguientes:

- Industria del deporte: utilizada en el diseño de implementos deportivos como chasis de bicicletas, raquetas de tenis, cascos, cañas de pescar entre otros.
- Industria musical: utilizada en el diseño del cuerpo y cuerdas de las guitarras y bajos.
- Industria de las telecomunicaciones: utilizada en componentes de computadoras portátiles, teléfonos, trípodes.
- Industria aeronáutica: diseño de cabinas y alas.
- Industria automovilística: diseño del chasis, volante, llantas y cascos utilizados en el automovilismo profesional.

- Equipamiento militar: utilizado en el diseño de armas, cascos, y demás implementos de seguridad.
- Industria de la construcción: empleado como refuerzo estructural antisísmico, para reparaciones de estructuras, también sobresale la implementación en puentes.

Presentaciones

La fibra precursora del material compuesto, de fibra de carbono, en el proceso de producción, es sometida a distintos procedimientos de transformación tales como el estirado, reorientación, oxidación, carbonatación y grafitización.

En cuanto a la resistencia se puede clasificar la fibra en dos tipos:

- Fibras HR (Alta resistencia)
- Fibras HM (Alto modulo)

Actualmente se encuentran distintas presentaciones de fibra de carbono para aplicar en el reforzamiento estructural; mechas de fibras que son alrededor de 500 a 100000 filamentos, tejidos que se encuentran en presentaciones unidireccionales y multidireccionales, tejidos híbridos compuestos por fibras de carbono y vidrio, láminas o platinas pre impregnados con epóxico. Para el fin en estudio, la implementación de fibras de carbono como refuerzo estructural, se amplía la información de las presentaciones en tejidos y láminas.

Tejidos de fibras de carbono

Esta presentación consiste en tejidos de fibra de carbono unidireccionales y multidireccionales, que para su colocación se satura con una resina epóxico y esta es realizada en capas. Su conformación como tejido permite su uso en elementos irregulares lo cual es una ventaja sobre la presentación de las platinas o láminas, cuya colocación es lineal y condicionada por su presentación. Los tejidos reforzados con fibras de carbono siempre se pueden sustituir por los reforzados con fibras de vidrio, pero no siempre a la inversa. Esta presentación se suele comerciar en rollos con dimensiones variables.

Láminas o platinas de fibras de carbono

Esta presentación está conformada por una matriz de resina epóxico en combinación con las fibras de carbono, las fibras son el componente con capacidad portante y la matriz epóxico el medio que las une entre sí, permite la transferencia de cargas y protege a las fibras del ambiente. En esta presentación se ejemplifica la importancia de la dirección de las fibras, ya que es en la dirección en que se encuentran las fibras que la platina tiene una alta resistencia y rigidez, además de una gran resistencia a la fatiga y fluencia plástica. Estas son las principales características junto con la baja densidad del material que hacen del material una opción atractiva en el reforzamiento de estructuras y la industria de la construcción en general.

Uso en la construcción

La fibra de carbono como material compuesto, posee la gran ventaja de contar con una baja densidad y una alta resistencia mecánica; características que juntas proporcionan una opción atractiva para utilizarse en la intervención de estructuras, así lo menciona Shrive: "...Debido a su bajo peso, significa no alteran la masa de la estructura y por lo tanto tampoco las fuerzas inerciales causadas por una excitación sísmica. Gracias a su alta resistencia pueden mejorar considerablemente la respuesta carga - deformación bajo cargas en el plano y fuera de él" (Shrive, 2006). Es habitual que en la industria de la construcción se requiera realizar alguna intervención o reforzamiento en estructuras, las causas son variadas, sin embargo, el resultado deseado es siempre común, proporcionar a la estructura la capacidad estructural que las solicitaciones actuantes le requieren. El reforzamiento es una acción que permite aumentar la capacidad de resistencia mecánica de una parte de la estructura o de la estructura completa (Rosero, 2013).

Tipos de intervenciones en estructuras

- Reforzamiento: habitualmente consiste en el aumento de secciones o bien la adición de materiales nuevos que aumenten la

capacidad de resistencia de los elementos estructurales y de la estructura en su conjunto.

- Reparación estructural: esta intervención se realiza sobre fallas y fisura, intenta restituir las características iniciales de resistencia de la estructura, luego de un evento extraordinario que generó los daños.
- Restauración: este tipo de intervención está orientada a recuperar las características arquitectónicas, pero sin restituir las características estructurales de resistencia mecánica.
- Rehabilitación: este tipo de intervención se da en una estructura para ponerla en funcionamiento, luego de ser afectada por un evento muy fuerte, constituye tanto el rehabilitar características arquitectónicas como estructurales.

Algunas de las razones o casos de estructuras que requieren de reforzamiento, son las siguientes:

- Estructuras sin respaldo técnico.
- Cambio en el uso de la edificación.
- Fallas en la fase diseño.
- Fallas en la fase construcción.
- Deterioro de los materiales.
- Cuando se produzcan daños a la edificación debido a cargas accidentales
- Cumplimiento de vida útil de la edificación.

Es importante para cada caso realizar un análisis estructural y contemplar las distintas opciones de intervención, siempre respaldado de las normativas técnicas aplicables al caso.

Es debido a las insuficiencias anteriormente mencionadas, las cuales se presentan en las estructuras con alta frecuencia, que es importante no solo dar un seguimiento durante la vida útil de los elementos estructurales, sino también contar con opciones que solventen dichas insuficiencias, haciendo un balance entre la efectividad del proceso o intervención y el factor económico.

Actualmente un procedimiento eficiente y

práctico de restaurar la capacidad de una estructura es el uso de la fibra de carbono ya que ofrece excelentes características para la asimilación de esfuerzos y es poco vulnerable a ataques externos, sin embargo sigue siendo una opción elevada en cuanto a costo en comparación con alternativas habituales en la construcción, mas sin embargo, son mayores los beneficios que ofrece la fibra de carbono, lo cual compensa el costo. Entre las ventajas de usar la fibra de carbono como estructura de refuerzo están: mayor resistencia a los impactos, mayor resistencia al fuego y mejor aislamiento térmico. El aumento de la resistencia aporta mayor capacidad a esfuerzos de tensión y confinamiento de los elementos compuestos. Sin duda la aceptación en el mercado con un uso mayor ha de generar un impacto en el costo de esta opción, lo cual representa un reto no solo para las casas comerciales sino también para los profesionales de la industria de la construcción.

Normativa

Las estructuras de mampostería han demostrado su vulnerabilidad a eventos importantes como terremotos, vientos fuertes, explosiones e impactos. Además, factores como el cambio en la ocupación, el deterioro o un aumento en la demanda de carga lateral pueden crear la necesidad de llevar a cabo modificaciones estructurales. (ACI 440.7R-10, 2010, p.5)

ACI 440R es la normativa vigente correspondiente a los compuestos de polímero reforzado con fibra, como una alternativa de reforzamiento, reparación y rehabilitación para los distintos elementos estructurales. La selección y el diseño de sistemas de polímero reforzado con fibra (FRP) se realizó bajo la guía ACI 440.7R-10, el cual está limitado a laminados de FRP adheridos externamente y a barras / tiras FRP montadas cerca de la superficie para aumentar la resistencia en el plano y fuera del plano de los muros de mampostería reforzada y no reforzada (URM) existentes sin enlechar, enlechados o parcialmente enlechados. La guía es aplicable a las estructuras URM hechas de ladrillos de arcilla, unidades de mampostería de concreto y piedras naturales usando tipos convencionales de mortero.

Los cálculos, diseños, colocación, entre otros, se realizaron en base a la norma ACI 440.7R-10 (únicamente para estructuras de mampostería), sin embargo, se consultaron otras normas vigentes

referentes a las FRP, las cuales se resumen en el Cuadro 1.

CUADRO 1. NORMATIVAS Y DOCUMENTOS REFERENTES A SISTEMA FRP	
Norma/ Documento	Título
ACI 440.7R-10	Guide for the Design and Construction of Externally Bonded Fiber-Reinforced Polymer Systems for Strengthening Unreinforced Masonry Structures
ACI 440.2R-08	Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures
FIB-14	Externally Bonded FRP Reinforcement for RC Structures

MAMPOSTERÍA

La mampostería es uno de los sistemas más utilizado desde la antigüedad hasta el día de hoy, se puede definir como un material compuesto, heterogéneo y anisótropo. Sus componentes en a través de los años han ido cambiando, así se tiene desde rocas simples hasta unidades industrializadas de arcilla y concreto. El sistema se constituye en los bloques o ladrillos de concreto y las juntas de mortero, considerándose distintas variantes en la forma de modulación de los bloques y en el relleno de las celdas de los bloques.

De acuerdo a su reforzamiento las estructuras de mampostería en Costa Rica se clasifican en muros de marcos rellenos de mampostería y mampostería con bordes de concreto. La primera consiste en emplear el acero de refuerzo horizontal y vertical en las juntas y entre los bloques huecos respectivamente y relleno de concreto las celdas ocupadas por el refuerzo. La segunda se refiere a muros de mampostería confinados perimetralmente por elementos de concreto reforzado. Cabe destacar el alto uso en Costa Rica de la mampostería como sistema de construcción, no solo estructural sino también como subdivisiones, debido a la buena resistencia,

comportamiento estructural del sistema, el bajo costo y la facilidad de construcción.

El comportamiento estructural de los diferentes elementos de mampostería ante la acción de solicitaciones reales queda definido por los valores de la resistencia a compresión, tracción y corte (Gallegos, 1993). Existen algunos factores que influyen en la resistencia de las unidades de mampostería de concreto, los principales factores son los siguientes:

- La calidad y tipo de agregados.
- El proceso de fragua.
- La relación A/C (agua - cemento).
- El peso de cada unidad.

Propiedades de las unidades de mampostería

A continuación, se mencionan algunas de las propiedades de las unidades de mampostería, las cuales son valores de relevancia en el diseño estructural con mampostería y de relevancia en el comportamiento del sistema estructural, como se mencionó anteriormente.

- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la flexión
- Resistencia a cortante
- Módulo de elasticidad
- Módulo de corte

Comportamiento de las estructuras de mampostería

Como ya se ha mencionado, las paredes de mampostería son la base de este sistema estructural, ya que son las responsables de soportar los distintos tipos de cargas que actúan sobre la estructura, los siguientes son los efectos bajo los que habitualmente se somete una estructura de mampostería:

- Carga vertical debido al peso de estructuras como losas y cubiertas, cargas vivas actuantes y su propio peso.
- Fuerza cortante y momento de flexión; originados por la fuerza de inercia de un sismo
- Cargas de empuje; generadas en el plano de las paredes a causa del empuje de viento, tierra, agua o inercia de un sismo actuante al plano de la pared.

Una vez mencionados los efectos a los que se somete una estructura o pared de mampostería, paralelamente se han de identificar los posibles tipos de falla, los cuales son generados por tres direcciones de cargas actuantes en la estructura, carga axial, carga lateral y carga perpendicular.

Carga Axial

La falla debida a la carga axial es considerada poco probable, esto ya que el área de la sección transversal de una pared es generalmente grande, sin embargo, la condición de pandeo es importante dentro de este tipo de carga, dando espacio a esta condición en paredes con alta relación de esbeltez (relación de altura entre radio de giro). La carga axial es aquella que proviene de las distintas cargas gravitacionales, pueden ser cargas vivas; cargas a las que se somete la estructura por servicio, o bien cargas muertas; correspondientes a cargas del peso propio de la estructura. La teoría indica que generalmente las paredes con alta relación de esbeltez fallan por pandeo elástico, media relación de esbeltez por pandeo inelástico y baja relación de esbeltez por compresión.

Ecuación 1:

$$\lambda = \frac{l}{r}$$

Donde:

L = longitud/ altura de la pared [m]
r = radio de giro

En forma general, el comportamiento ante cargas verticales o axiales determina la resistencia

a la compresión de la mampostería, la cual al igual que el concreto se determina usualmente a los 28 días. Es importante mencionar que “dentro de límites prácticos, la resistencia aumentará con la resistencia de las unidades, de tal manera que la resistencia de la mampostería de concreto es aproximadamente entre 60% y 65% de la resistencia de los bloques” (Ardón, Dardón, Torres, 2007). Además de la resistencia de las unidades, influye en este tipo de falla la resistencia del mortero, concreto de relleno y espesores de las juntas sisas, más de acuerdo a lo expuesto por Ardón, Dardón y Torres en una guía de control de calidad de diseño y construcción con mampostería, se ha demostrado en diversos estudios que la resistencia del mortero es poco influyente en la resistencia a la compresión y que la misma disminuye al incrementar el espesor de la sisa o junta entre bloques.

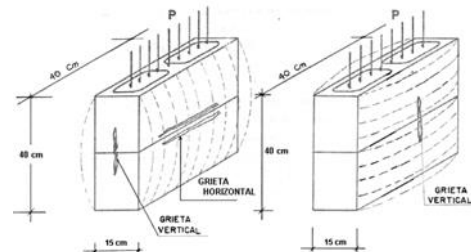


Figura 2. Agrietamiento de bloque.
Fuente: Ardón, Dardón, Torres, 2007

Al darse la falla en compresión, usualmente se generan grietas tanto en dirección vertical como horizontal. Este avistamiento de la falla se puede explicar de la siguiente manera: cuando se carga la mampostería, las unidades y el mortero sufren una expansión lateral, pero ya que el mortero se expande más que el bloque, los bloques quedan tensionados lateralmente. El mortero queda usualmente aplastado antes de la falla de la pared, siendo "exprimido" por los bloques de las juntas horizontales. Todo esto induce a los bloques a un estado triaxial de esfuerzos: compresión vertical y tensión biaxial” (Ardón, Dardón, Torres, 2007).

Carga Lateral

Las cargas laterales que actúan sobre una pared o muro generalmente son debidas a sismos, estas son contrarrestadas por el cortante y momento cortante del sistema estructural. Las

cargas laterales habituales son el cortante y la flexión en el plano de la pared.

Cortante

En el caso del cortante aplicado, actúa en dirección paralela al plano de las paredes y es transmitido por medio de diafragmas horizontales, y se asocian dos tipos de falla por cortante, en ambas se generan grietas visibles en dirección diagonal, uno de los tipos se genera a través de las sisas o juntas de mortero, generando la diagonal en forma de escalera, y es una falla por cortante propiciada por la debilidad en la unión entre la unidad de mampostería y el mortero. El otro tipo de grieta, la cual es casi recta es generado por tensión diagonal.

Por lo expuesto anteriormente es asociado al esfuerzo cortante la adherencia entre la unidad de mampostería y el mortero. El comportamiento ante cargas laterales en el plano es de especial importancia, ya que, como se mencionó anteriormente, es el caso al que se expone el sistema durante un sismo.

Para estudiar las formas de comportamiento de las paredes, es posible establecer dos tipos de aplicación de carga lateral:

1. Cuando la carga lateral es aplicada en forma creciente y la pared falla por agrietamiento diagonal, ésta desarrolla resistencia al cortante por medio de tres mecanismos:

- a) Por fricción a lo largo de la grieta.
- b) Por los esfuerzos de tensión que se inducen en el refuerzo.
- c) Por la resistencia en cortante de columnas extremas que rigidizan a la pared, cuando estas existen.

2. Cuando la carga lateral se aplica en forma repetitiva no se alcanza una resistencia favorable debido al deterioro de la mampostería a lo largo de la grieta.

Flexión

Debido al efecto de las cargas verticales en la estructura, es poco común que se presenten

fallas por flexión en una pared o muro, ya que las cargas verticales contrarrestan el efecto de volcamiento producto de cargas laterales en el plano de la pared. Cuando se dan fallas por flexión en el plano, se generan grietas horizontales en los extremos del muro, en los distintos estudios realizados, se demuestra que, "para paredes con refuerzo interior, cuando la falla es regida por flexión, el comportamiento es aproximadamente elasto-plástico, con ductilidad notable y pequeño deterioro bajo carga alternada, excepto para deformaciones muy grandes. Si la falla es regida por agrietamiento diagonal, la ductilidad es menor y cuando se aplican cargas elevadas, el comportamiento es francamente frágil" (Meli, 2002). En referencia al refuerzo, al ocurrir la flexión en el plano de un muro o pared, se generan fuerzas tensionales que la mampostería no es capaz de absorber, por lo cual actúa la colocación del refuerzo en la mampostería, el cual incrementa la capacidad de la pared para resistir estas fuerzas.

En Costa Rica, los estudios que se han realizado referentes al CFRP sobre materiales como la mampostería son escasos, es por ello que uno de los objetivos de esta investigación es conocer el comportamiento de este material con refuerzo de fibras de carbono, con el fin de generar un cambio en prácticas constructivas y conocer los beneficios que estos elementos de carbón podrían traer en cuanto a avances de ingeniería constructiva se refiere, pues si bien es cierto, la mampostería es de los materiales más utilizados en el territorio nacional. "Actualmente en Costa Rica, el método de construcción más utilizado para viviendas y edificaciones de baja y mediana altura es la mampostería. Este hecho se debe principalmente a que es un sistema fácil de construir y económico" (Navas & Cordero, 2013, p.2).

A nivel internacional a partir de diversas investigaciones, el comportamiento de la mampostería ante cargas laterales ha sido estudiado de distintas formas para facilitar su comprensión. Sin embargo, en todos estos estudios, se evalúan las prácticas constructivas con metodologías diferentes a las nuestras, por lo que se debe generar investigación propia que tome en cuenta estas diferencias.

Como parte de la investigación, y con base a lo establecido en el CSCR-10, se calcula la capacidad de carga teórica del modelo sin CFRP, para así realizar las respectivas comparaciones con las

capacidades de carga teóricas obtenidas de las muestras reforzadas con fibras.
Para obtener la resistencia al cortante, el CSCR establece:

Ecuación 2:

$$V_u \leq \phi V_n$$

Además, se establece la siguiente relación para el análisis de los esfuerzos nominales de cortante:

Ecuación 3:

$$V_n = V_m + V_s$$

Para obtener la resistencia nominal a cortante de los materiales:

Mampostería:

Ecuación 4:

$$V_m = \left\{ \left[1 - 0.44 \left(\frac{M_u}{V_u d} \right) \right] \sqrt{f'_m} + 0.25 \left(\frac{P_u}{A_g} \right) \right\} d b_w$$

Donde,

Mu: Momento factorizado, kg-cm.

Vu: Resistencia requerida de la mampostería, kg.

D: Distancia desde la fibra extrema en compresión al centro del refuerzo longitudinal en tracción, cm.

f'm: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días, (100 kg/cm²).

Pu: Carga axial factorizada, kg.

Ag: Área bruta del muro, cm².

bw: Ancho del muro, cm.

Acero:

Ecuación 5:

$$V_s = \frac{0.5 A_{SH} f_y d}{S_h}$$

Donde,

ASH: Área de las barras de refuerzo horizontal, cm².

fy: Esfuerzo de cedencia del acero de refuerzo, (2800 kg/cm²).

Sh: Separación del refuerzo longitudinal, cm.

El cálculo del momento de agrietamiento se realiza a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 6:

$$M_{cr} = S f_r$$

S= Módulo de sección, cm³.

fr= Módulo de ruptura, kg/cm².

Desplazamiento

De acuerdo a lo expuesto en el CSCR, al ser utilizado el método estático o dinámico de análisis, se deben estimar los desplazamientos horizontales y desplazamientos relativos, en este caso, al ser un único muro, se realiza la estimación de un desplazamiento, sin embargo, el CSCR indica que se debe realizar dicha estimación en cada nivel de la estructura, para lo cual brinda las siguientes ecuaciones:

Ecuación 7:

$$\delta_i = \alpha \mu SR \delta_i^e$$

Ecuación 8:

$$\Delta_i = \mu SR \Delta_i^e$$

Donde,

δ_i : desplazamiento inelástico absoluto horizontal del nivel i.

Δ_i : deriva inelástica o desplazamiento inelástico relativo horizontal entre el nivel i y el nivel adyacente inferior.

α : factor de desplazamiento inelástico, para estructuras de 1 piso $\alpha = 1.0$.

μ : ductilidad global asignada.

SR: factor de sobre resistencia

δ_i^e , Δ_i^e : desplazamiento elástico absoluto del nivel i y deriva elástica entre el nivel i y el nivel adyacente inferior respectivamente.

Muros de mampostería reforzados con FRP

En este apartado se hace referencia a las capacidades teóricas de los muros de mampostería al contar con reforzamiento FRP, haciendo mención nuevamente de las capacidades de carga, posibles modos de falla y comportamiento de la

mampostería, esta vez, contando con el reforzamiento mencionado.

Resistencias teóricas de los muros de mampostería reforzadas con FRP

Resistencia nominal a cortante

El método de diseño de resistencia requiere que la resistencia al corte de la pared reforzada con FRP exceda la demanda de cortante del muro sin reforzar. La resistencia de diseño se debe obtener como la resistencia nominal multiplicada por el factor de reducción de resistencia (ϕ) igual a 0,8 según lo requerido por ACI 530 para muros URM sujetos a cargas de corte en el plano.

Ecuación 9:

$$\phi V_n \geq V_u$$

La resistencia al corte de la pared reforzada se puede calcular agregando la contribución del FRP (V_f) a la resistencia nominal de la pared URM.

Ecuación 10:

$$V_{n,s} = V_n^{URM} + V_f$$

Donde,

$V_{n,s}$: Resistencia nominal al corte del muro.
 V_n^{URM} : Resistencia nominal al corte del muro sin refuerzo.
 V_f : Resistencia proporcionada por el material de refuerzo.

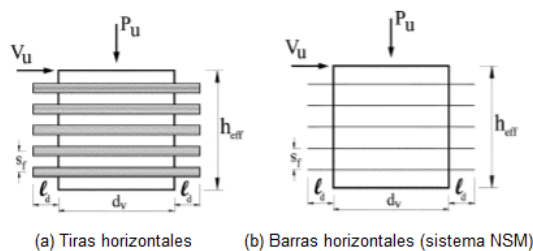


Figura 3. Fortalecimiento de muros al cortante con FRP
 Fuente: Guía ACI 440.7R-10. pág. 26.

Resistencia nominal a flexión

El método de diseño de resistencia requiere que la resistencia a la flexión de la pared reforzada con FRP exceda la demanda de flexión del muro sin reforzar.

La resistencia del diseño debe obtenerse como la resistencia nominal multiplicada por el factor de reducción de resistencia (ϕ) igual a 0.6, según lo requerido por ACI 530 para muros URM bajo combinación de carga axial y flexión.

Ecuación 11:

$$\phi M_n \geq M_u$$

En este caso esa capacidad nominal será igual a la sumatoria de momentos de las fuerzas producidas en cada zona de reforzamiento por la distancia de dicha zonal al eje neutro de la sección estudiada.

Ecuación 12:

$$M_n = \sum_i F_i \left(d_i - \frac{\beta_i c}{2} \right) + P_u \left(\frac{L}{2} - \frac{\beta_i c}{2} \right)$$

Donde,

M_n : Resistencia nominal a flexión del muro.
 F_i : Fuerza que actúa sobre la i -ésima tira FRP.
 d_i : Distancia de la fuerza F_i medida desde la fibra de compresión extrema.
 β_i : Relación entre la profundidad del bloque de tensión rectangular equivalente.
 c : Distancia desde la fibra de compresión máxima hasta el eje neutro.
 L : Altura de la pared.

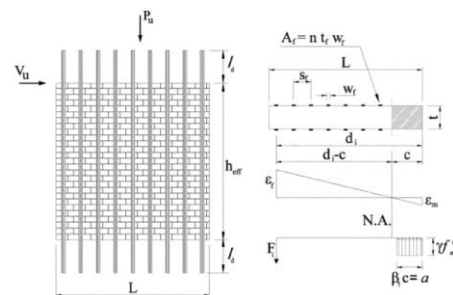


Figura 4. Fortalecimiento de muros a flexión con FRP
 Fuente: Guía ACI 440.7R-10. pág. 27.

Resistencia nominal a flexión y cortante

En algunos casos, la situación existente podría requerir un aumento en la resistencia lateral de la pared con respecto a los modos de falla tanto de corte como de flexión. Cuando la pared URM se refuerza para cortante y flexión, la resistencia lateral nominal de la pared reforzada con FRP es el mínimo de la resistencia correspondiente a su corte y falla de flexión.

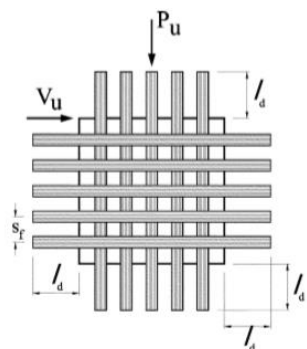


Figura 5. Fortalecimiento de muros a cortante y flexión con FRP

Fuente: Guía ACI 440.7R-10. pág. 27.

Posibles modos de falla de la mampostería

Como se menciona anteriormente el comportamiento de muros de mampostería no reforzada sometidos a cargas en el plano depende de varios parámetros relacionados con las Propiedades geométricas, como la altura, el

espesor, la esbeltez, las propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión de las unidades de mampostería y el mortero, las dosificaciones de este último, la aplicación de la carga y las condiciones de apoyo (ACI 440.7R-10, pág. 22-23). Las cargas en el plano pueden producir fallas que se caracterizan por la formación de grietas de tensión frágiles a través del mortero y la unidad de mampostería y una pérdida repentina de la capacidad de carga lateral. La guía ACI 440.7R-10 reconoce tres modos de falla de muros de mampostería no reforzada sometida a cargas en su plano: deslizamiento de la junta del mortero de pega, tensión diagonal y aplastamiento en la base del muro.

En la Figura 6 se presentan estos modos de falla; los dos primeros modos están controlados por un comportamiento a corte en el cual el deslizamiento puede generarse a lo largo de una junta horizontal o a lo largo de una grieta diagonal, aunque esta falla

no afecta la capacidad de carga axial, si lo hace frente a la capacidad a flexión fuera del plano; la tensión diagonal se caracteriza por grietas diagonales que se pueden propagar a través de las juntas de mortero y las unidades de mampostería. Finalmente, el modo de falla tres está controlado por la flexión y se caracteriza por la formación de este tipo de grietas (flexión) y la trituración de las unidades de mampostería en la base cuando se supera su esfuerzo de compresión, lo que trae consigo una pérdida en la capacidad de carga del muro.

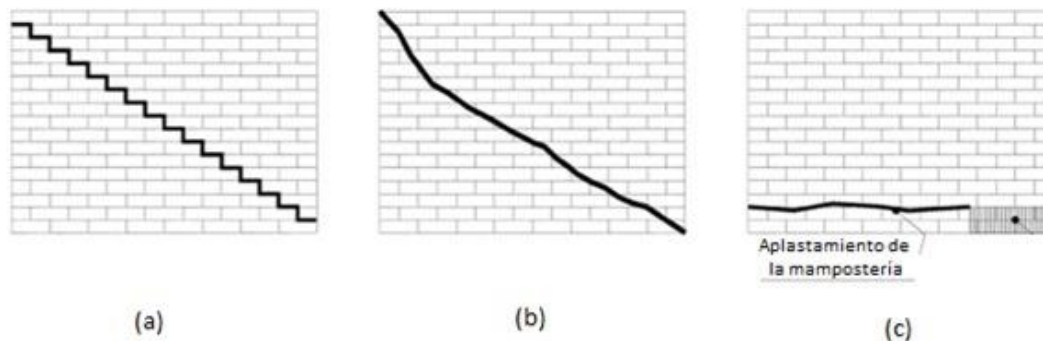


Figura 6. Modos de falla de la mampostería no reforzada sometida a cargas en su plano.

(a) Deslizamiento de la junta, (b) Tensión diagonal, (c) Aplastamiento en la base

Fuente: Guía ACI 440.7R-10. pág. 24.

Desplazamiento

Límites de resistencia

Algunos técnicos y empresas que comercializan el producto recomiendan que el elemento estructural sin aplicar refuerzos FRP, debe tener la suficiente resistencia para soportar un cierto nivel de carga. Con este pensamiento, en el caso de que el sistema FRP sea dañado, la estructura todavía estará capacitada para resistir un razonable nivel de cargas sin producir colapso. La recomendación del Comité ACI es que la resistencia de la estructura existente sea la suficiente para soportar el nivel de cargas descrito en la ecuación 13:

Ecuación 13:

$$(\phi R_n)_{existente} \geq (0.9 S_{DL} + 1.0 S_{LL})$$

Donde:

ϕ : Coeficiente de reducción de fuerza.

R_n : Resistencia nominal de la estructura original.

S_{DL} : Valor de las cargas permanentes.

S_{LL} : Valor de las cargas vivas.

Los resultados de las cargas, SDL y SLL, deben ser determinadas utilizando los requerimientos de carga vigentes del CSCR para la estructura.

Propiedades de los materiales en el diseño

Normalmente, las propiedades del material suministradas por las empresas, como la resistencia a tracción última, no consideran la exposición a largo plazo a las condiciones del entorno y deben ser consideradas como las propiedades iniciales. Debido a que la exposición a largo plazo y a varios tipos de entorno pueden reducir las propiedades mecánicas y la resistencia a la fatiga y fluencia de los laminados compuestos, las propiedades mecánicas aplicadas en las ecuaciones de diseño deben incluir un coeficiente reductor en función del entorno (C_E). La resistencia a la tracción última de material se calcula según la siguiente ecuación:

Ecuación 14:

$$f_{fu} = C_E f_{fu}^*$$

De igual forma, el factor de deformación también debe reducirse en función de las condiciones del entorno:

Ecuación 15:

$$\varepsilon_{fu} = C_E \varepsilon_{fu}^*$$

Como todos los materiales compuestos son elásticos linealmente hasta el fallo, el cálculo del módulo de elasticidad puede determinarse por la ley de Hooke. La expresión para el módulo de elasticidad reconoce que el módulo, normalmente, no es afectado por las condiciones del entorno. En este caso, el módulo tomado para esta ecuación tendrá el mismo valor que el inicial aportado por la empresa:

Ecuación 16:

$$E_f = \frac{f_{fu}}{\varepsilon_{fu}}$$

Nivel máximo deformación en el refuerzo FRP

Debido a que los materiales FRP son linealmente elásticos hasta el fallo, el nivel de deformación dictará el nivel de tensión desarrollado en el FRP. El máximo nivel de deformación que se puede lograr en un refuerzo FRP se regirá por el nivel de deformación desarrollado en el FRP en el punto donde la mampostería se agrieta, el punto donde rompe el FRP o el punto donde el FRP se despega del sustrato. La deformación máxima o el nivel de deformación eficaz del refuerzo FRP en el estado límite último es:

Ecuación 17:

$$\varepsilon_{fe} = \varepsilon_{mu} \left(\frac{t-c}{c} \right) \leq \min(\kappa_m \varepsilon_{fu}^*, C_E \varepsilon_{fu}^*)$$

ε_{fe} : Deformación efectiva en el refuerzo de FRP.

ε_{mu} : Máxima tensión de mampostería utilizable.

ε_{fu}^* : Ruptura de tensión última del refuerzo FRP según lo informado por el fabricante.

c : Distancia desde la fibra de compresión máxima hasta el eje neutro.

t : Espesor nominal del muro.

κ_m : coeficiente de dependencia del adhesivo.

El término κ_m es un factor no mayor de 0.90 que debe multiplicarse por la tensión de rotura del laminado FRP hasta alcanzar la limitación de tensión para evitar el despegue.

Resinas Epoxi

Parte fundamental de estos sistemas de refuerzo lo constituyen las resinas que garantizan la adhesión de estos refuerzos al soporte. Estas resinas de base epoxi cumplen principalmente las siguientes misiones:

- Resinas para imprimación de soportes
- Masillas de nivelación
- Adhesivo o resina

Este es el material que va a actuar de puente de transmisión de cargas entre los bloques y la fibra de carbono, por consiguiente, sus características mecánicas y reológicas son de suma importancia para la mayor eficacia del refuerzo. La misión de la capa de adhesivo o resina es pegar el refuerzo a la superficie del bloque y, al mismo tiempo, crear un compuesto de elevadas características mecánicas capaz de transmitir los esfuerzos desde el bloque de mampostería a la lámina de fibra de carbono, por consiguiente, tiene que poseer una buena adhesión al bloque y a la lámina, además de buenas características mecánicas y reológicas.

Consideraciones generales para la colocación del CFRP

Para que los sistemas CFRP cumplan con la función para los cuales fueron destinados, es necesario que la colocación de este material se realice de manera efectiva y exitosa, de lo contrario, el material no va a ser capaz de desarrollar todo su potencial y su funcionamiento no será el adecuado.

A continuación, se presenta una serie de pasos considerados indispensables para la

colocación de los diversos sistemas CFRP, independientemente de su presentación.

Reparación de la superficie

Todos los problemas asociados con la condición de la mampostería original y el sustrato de mampostería, que pueden comprometer la integridad del sistema de CFRP, deben abordarse antes de que comience la preparación de la superficie.

Limpieza de la superficie

Se recomienda utilizar chorro de arena o cualquier otro procedimiento de limpieza mecánica aprobado, que provea textura rugosa a la superficie.

Preparación de la superficie

Los requisitos de preparación de la superficie dependen del sistema CFRP utilizado para fortalecer un elemento de mampostería. Las pautas específicas con respecto a los procedimientos para la preparación de la superficie para cada sistema CFRP deben obtenerse del fabricante del sistema. Esta debe estar limpia y sana. Puede estar seca o húmeda, pero libre de agua empozada o hielo. Es necesario remover polvo, lechada, grasa, compuestos curadores, impregnaciones, grasas, partículas extrañas, material suelto o cualquier otro elemento que impida la adherencia.

Imprimación y masilla

Si es necesario, la imprimación debe aplicarse a todas las áreas de la superficie de mampostería donde se colocará el sistema CFRP. La imprimación debe colocarse uniformemente en la superficie preparada a la tasa de cobertura especificada por el fabricante. La imprimación aplicada debe estar protegida del polvo, humedad y otros contaminantes antes de aplicar el sistema CFRP

La masilla debe usarse en un espesor y secuencia apropiados con la imprimación según lo recomendado por el fabricante del sistema CFRP. La masilla compatible con el sistema, que generalmente es una pasta epóxica espesada, debe usarse solo para rellenar vacíos y suavizar las discontinuidades de la superficie antes de la aplicación de otros materiales.

Aplicación del sistema CFRP

Según el sistema de CFRP a utilizar, es necesario considerar la condición de la superficie en el momento de la aplicación, si esta se encuentra húmeda o en condición seca, generalmente, el proceso de instalación es el mismo, sin embargo, la resina (epóxico) que se utilice de una condición a otra puede variar. La instalación se realiza a mano utilizando hojas y telas de fibra seca con una resina de saturación y se instalan de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. La resina de saturación se aplica uniformemente a todas las superficies preparadas donde se coloca el sistema.

Alternativamente, las fibras se pueden impregnar en una operación separada usando una máquina de impregnación de resina antes de la colocación del sistema de FRP en la superficie de la mampostería.

Las fibras de refuerzo se presionan suavemente en la resina de saturación no curada de la manera recomendada por el fabricante del sistema CFRP. El aire atrapado entre las capas se libera mediante el uso de rodillos de nervadura y presionando la tela contra el sustrato.

Los rodillos de nervadura son herramientas manuales especializadas que utilizan rodillos de metal o plástico con peines o nervaduras para facilitar la saturación de las fibras con resina. Se necesita suficiente resina de saturación para lograr la saturación total de las fibras. Se colocan capas sucesivas de resina de saturación y materiales de fibra antes del curado completo de la capa previa de resina. Si las capas anteriores se curan, puede ser necesaria la preparación de la superficie de la capa intermedia, como el lijado ligero o la aplicación de disolvente recomendada por el fabricante del sistema.

Sistemas de anclaje del FRP a los muros de mampostería

Corbatines de FRP

Este sistema de anclaje consiste en enrollar una parte de la longitud de la tira y anclarla en la cimentación con un adhesivo epóxico, en un orificio previamente abierto a una profundidad de 10 a 15 cm.



Figura 7. Sistema de anclaje de corbatines de FRP
Fuente. Tomado de Vega Vargas (2015).

Extensión del FRP hasta la cimentación

Consiste en extender las tiras de FRP hasta la de cimentación, se debe asegurar que la fibra pase de manera constante desde el muro a la cimentación, para que de esta manera la fibra no presente quiebres que puedan afectar su funcionamiento.



Figura 8. Extensión del FRP hasta la cimentación.
Fuente. Tomado de Vega Vargas (2015)

Macizos de concreto

Este tipo de anclaje consiste en eliminar parte de los bloques de mampostería de las esquinas inferiores de los muros, con el fin de traslapar la FRP hasta esta sección, para posteriormente colocar un macizo de concreto, asegurando la vinculación entre el muro y la fundación por medio de acero de refuerzo.



Figura 9. Sistema de anclaje del FRP eliminando los bloques de mampostería inferiores
Fuente. Tomado de Vega Vargas (2015).

Platinas de acero adheridas a la fibra de carbono.

Este tipo de anclaje tiene como principal ventaja que puede ser utilizado tanto en elementos de tejidos, como en laminados de CFRP pultruidos. Este método consiste en llevar la fibra de carbono hasta la fundación, de esta manera se logra la vinculación entre todos los elementos del sistema reforzado con CFRP. Este tipo de anclaje es invasivo, ya que es necesario realizar un corte inicial para la colocación de la platina de acero, cuya longitud efectiva debe ser al menos la mitad del ancho de la fundación para asegurar que el sistema se comporte de manera uniforme. Por lo mencionado, es necesario que el proceso constructivo de este tipo de anclaje sea cuidadoso, tanto con el corte de la fundación, como con el acero de refuerzo, para así evitar que este se vea afectado durante el proceso del anclaje del CFRP.

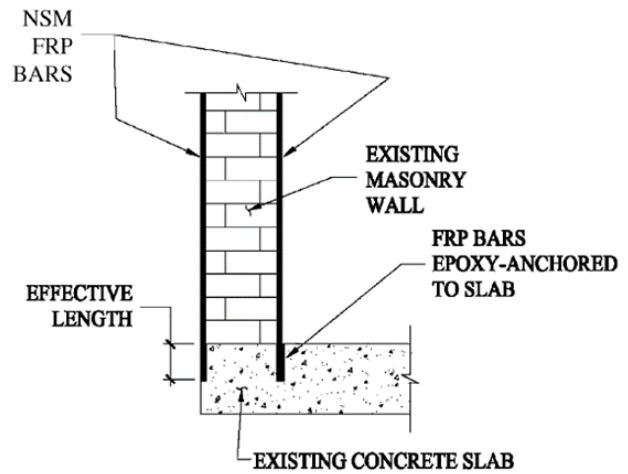


Figura 10. Sistema de anclaje del FRP utilizando platinas metálicas.
Fuente. Tomado de Vega Vargas (2015).

Colocación del FRP en los muros de mampostería

Configuración 1: Bandas colocadas horizontal y verticalmente

Según la norma ACI 440.7R-10, cuando los muros de mampostería están sometidos tanto a carga de flexión como a cargas de corte se recomienda realizar la siguiente configuración de las fibras:



Figura 11. Esquema de colocación del FRP tanto para esfuerzos de flexión como de cortante
Fuente. Tomado de Vega Vargas (2015).

Esta configuración consiste en colocar las bandas de tejido o el laminado de fibras de carbono horizontal y verticalmente. Colocando de esta forma el FRP se logra que las bandas horizontales tomen los esfuerzos producidos por cortante, mientras que las bandas verticales toman los esfuerzos producidos por los efectos de flexión.

Configuración 2: Bandas colocadas en diagonal

Con esta orientación, se busca que una parte de las bandas asuman los esfuerzos por corte y otra parte los esfuerzos producidos por los efectos de flexión.

Este tipo de configuración no es parte de la norma ACI 440.7R-10, sin embargo, otros estudios realizados sobre la efectividad del FRP según su colocación, indican que la efectividad de este método es superior al anterior.



Figura 12. Reforzamiento de FRP en configuración diagonal exterior
Fuente: Tomado de Santa María, Alcaino, & Luders, (2006).

Configuración de bandas en diagonal vrs bandas colocadas horizontal y verticalmente

Cada proyecto de reforzamiento y/o de rehabilitación de muros por medio de polímeros de fibras de carbono, involucra un estudio previo, para así analizar la necesidad que tienen estos en cuanto a las distintas capacidades de soporte y fuerzas aplicada sobre estas.

Santa María & Alcaino (2008), estudiaron la resistencia al corte en el plano de muros de mampostería reforzados exteriormente con fibras de carbono (CFRP) utilizando dos configuraciones de reforzamiento, una horizontal y otra en diagonal, la Figura 10 muestra estos tipos de configuración. Los muros sin refuerzo horizontal adicional tuvieron aumentos en resistencia máxima de entre 50% y 80%, mientras que los reforzados con la escalerilla, entre 13% y 34%; todos los muros tuvieron aumentos importantes en su capacidad de deformación lateral, aumentando entre 70% y 110% la deformación asociada a la carga máxima, el refuerzo de CFRP redistribuyó las grietas y disminuyó su espesor, se observó que si el refuerzo de CFRP se distribuye en el muro, la falla es menos frágil al compararlo con los muros con refuerzo centrado.

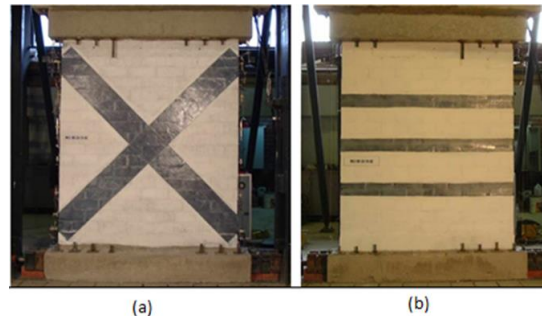


Figura 12. Configuración de bandas diagonal (a) vrs configuración de bandas horizontal (b)
Fuente: Tomado de Santa María, Alcaino, & Luders, (2006).

Para el ensayo, Santa María & Alcaino (2008) sometieron los muros a carga cíclica horizontal con ayuda de un actuador de carga dinámica, y carga vertical constante. Los modos de falla de los muros sin refuerzo horizontal

(escalerilla) reforzados con CFRP fueron caracterizados como una falla frágil con una gran grieta en cada diagonal acompañada por una red de grietas más finas alrededor de ella y por un fuerte daño en la zona de compresión del muro, quedando con una resistencia residual prácticamente nula. Por otra parte, los muros con refuerzo horizontal convencional (escalerilla)

reforzados con bandas de CFRP presentaron una falla progresiva comenzando con un desprendimiento de la fibra de la cara del muro seguido del arrancamiento de esta de la zona de anclaje produciendo una falla relativamente frágil.

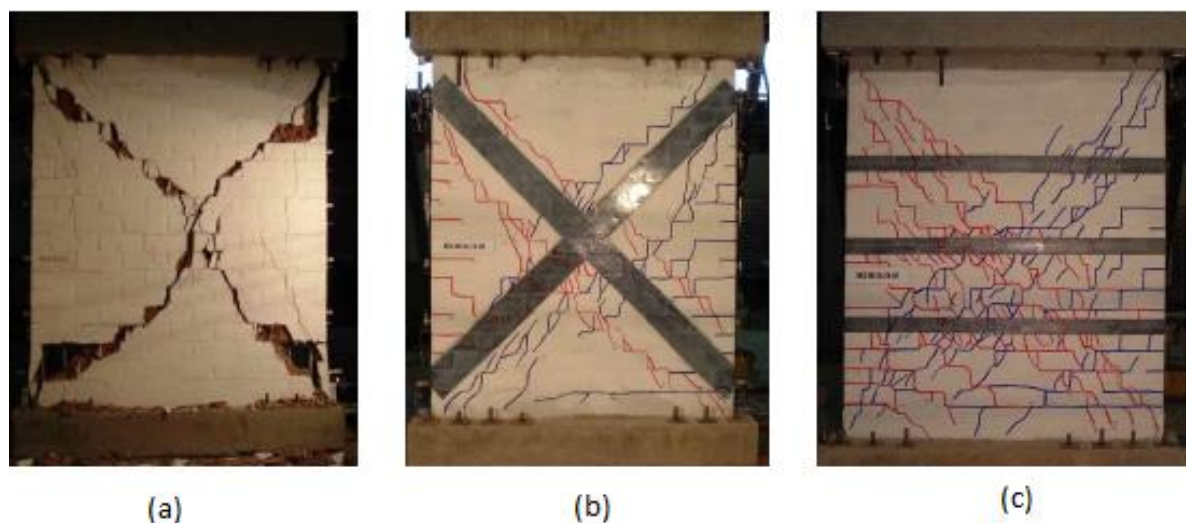


Figura 14. Patrón de grietas presentes en los muros según el tipo de configuración utilizado con FRP. (a) Muro sin reforzamiento, (b) Muro con configuración diagonal, (b) Muro con configuración horizontal
 Fuente: Tomado de Santa María, Alcaino, & Luders, (2006).

Los mismos autores en la investigación encontraron que la presencia de refuerzo externo de telas de FRP en muros de albañilería cambia su patrón de agrietamiento, aumentando la cantidad de fisuras y disminuyendo su espesor, en diferentes medidas dependiendo de la cantidad y disposición del refuerzo. El uso de refuerzos externos de telas de FRP disminuye la fragilidad de la falla y aumenta en mayor o menor grado la resistencia residual de los muros, dependiendo principalmente de su configuración, los muros reforzados con una sola franja de tela, ya sea diagonal u horizontal, mostraron una falla más frágil que aquellos muros que fueron reforzados con varias franjas paralelas de tela. Finalmente, los muros reforzados en diagonal desarrollaron mayores resistencias totales que los muros con refuerzo equivalente horizontal; sin embargo, el aumento por cada m² de refuerzo utilizado fue mayor en el caso de los muros reforzados horizontalmente, ya que el refuerzo horizontal trabaja en ambas direcciones y además requiere de menor longitud que el refuerzo

diagonal, resultando ser más económico utilizar refuerzo horizontal (Santa María & Alcaino, 2011).

Diseño de reforzamiento con fibra de carbono por medio de software

Como parte de la inclusión del reforzamiento y rehabilitación de estructuras con fibra de carbono, hace algunos años una de las casas productoras de materiales tecnológicos para la industria de la construcción como lo es Sika, junto con una desarrolladora de herramientas computacionales puso a disposición del público un software para el diseño de reforzamiento con fibras de carbono, bajo el nombre de Sika CarboDur, dicho software se basa en la norma ACI 440.2R-8.

El software se encuentra disponible en la web para ser descargado e instalado sin ningún costo, el mismo e acuerdo al fabricante tiene como

objeto proporcionar la asistencia necesaria al usuario con el dimensionamiento del reforzamiento mediante FRP.

El software se enfoca en proporcionar el diseño requerido para reforzar las estructuras bajo comportamiento en flexión, cortante y confinamiento. Como se mencionó anteriormente las consideraciones generales de diseño de las que parte el software son las mismas indicadas en la norma ACI 440.2R-8, bajo esta afirmación el software contempla los límites de diseño, la resistencia estructural en situación de incendio, y los factores de reducción de resistencia de FRP.

Casos de diseño

El software cuenta con distintos casos de diseño predeterminados, los cuales representan una facilidad al usuario, pero a su vez una limitación en el uso del software. Se presentan cinco tipologías de refuerzo1:

- Refuerzo de columnas mediante confinamiento con FRP: El cálculo está orientado a la mejora mecánica del elemento de concreto reforzado bajo cargas axiales. El dimensionado del confinamiento mediante SikaWrap tendrá en cuenta tanto una carga axial como una combinación de cargas axiales y momentos (eje X, eje Y o ambos).
- Refuerzo a flexión de la sección crítica en una viga: El cálculo incluye el dimensionado del FRP necesario, basado en los momentos actuantes en la sección crítica de una viga de concreto reforzado o pre esforzado.
- Refuerzo a cortante de la sección crítica en una viga o columna rectangular: El cálculo incluye el dimensionado del FRP necesario, basado en el cortante esperable en la sección crítica de una viga de concreto reforzado o columna rectangular.
- Refuerzo a flexión de viga: El software determina la distribución de las leyes de momentos en la viga de concreto reforzado /pre esforzado, calculando la sección necesaria de FRP y su disposición a lo largo del elemento.
- Refuerzo a cortante de viga.: El software determina la distribución de las leyes de cortante en la viga de concreto reforzado /pre esforzado, calculando la sección necesaria de FRP y su disposición a lo largo del elemento.

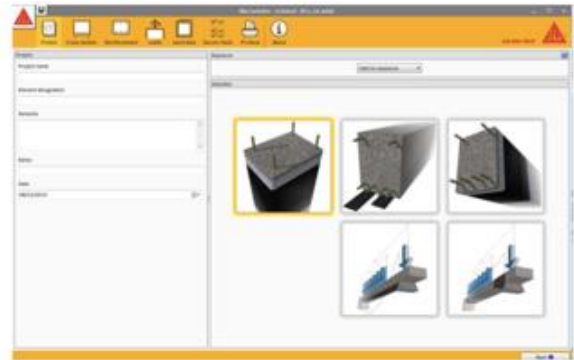


Figura 15. Pantalla principal de software Sika CarboDur

A continuación, se describe de forma general el funcionamiento del software, cabe mencionar que de acuerdo a la tipología de diseño seleccionada en alguna de las etapas se adicione algún paso, más de forma general y envolvente para los tres casos la información presentada es relevante. Además de contar con la sección expuesta anteriormente en donde se selecciona el caso, el software permite el ingreso de información adicional que permite realizar el cálculo del reforzamiento, tal como el tipo de exposición medioambiental (interior, exterior y ambiente agresivo), dimensiones de la sección seleccionada, resistencia a compresión del concreto, información del acero de refuerzo tal como cantidad de acero longitudinal y transversal, tipología de acero transversal (espiral o estribos) y el revestimiento mecánico que a diferencia del recubrimiento habitual, “este revestimiento es medido a partir del centroide del refuerzo (Sika CarboDur User Guide, 2015)”. Durante cada uno de los pasos en los que se introduce información, el software despliega una imagen de la sección correspondiente.

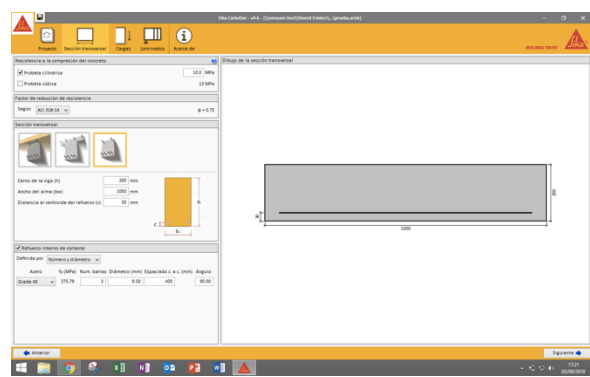


Figura 16. Dimensionamiento de sección en software Sika CarboDur

En cuanto a las cargas, el software permite que se introduzcan cargas axiales y momentos flectores, estos últimos actuando en 1 o 2 direcciones distintas, el software realiza las combinaciones de cargas pertinentes, de acuerdo a los factores de combinación de cargas indicados en ACI 318 y ACI 404.2R-8:

- Límites del refuerzo correspondiente a la carga mínima que deberá asumir el elemento estructural en caso de que el FRP sufra algún daño.
- Cargas previstas, mostrando las cargas de diseño esperables tras el refuerzo de FRP.
- Estados límite de servicio, muestra la combinación de cargas de servicio.
- Caso de incendio, indica la combinación de cargas en situación de incendio.

En el caso en que se introduzcan tanto cargas axiales como momentos flectores, el software muestra un diagrama de interacción. Adicionalmente muestra tres verificaciones de acuerdo a los límites descritos anteriormente. Posteriormente se debe seleccionar en un desplegable el producto Sika por utilizar en el reforzamiento, en donde también se encuentra una breve descripción de cada sistema. Una vez seleccionado el refuerzo únicamente debe ejecutarse el cálculo del reforzamiento (dimensionamiento y colocación) por medio de un icono en el software, obteniendo de esta forma las capas de productos, dimensiones, diagramas de límites donde se muestre el comportamiento de los elementos sin el reforzamiento y con el reforzamiento propuesto tanto en 2 dimensiones como en 3 dimensiones.

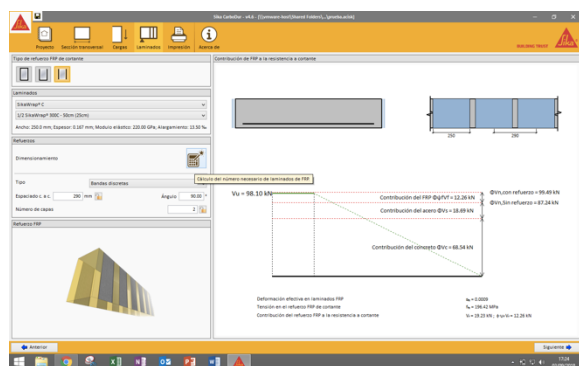


Figura 17. Pantalla de resultados en software Sika CarboDur

Metodología

El presente proyecto está constituido en tres secciones, las cuales se identifican con los objetivos planteados, estas secciones corresponden a sección de investigación, una sección práctica experimental y una sección analítica. Dichas etapas se describen brevemente a continuación:

Sección de investigación

Esta sección corresponde a la primera etapa del proyecto, en la misma se efectúa la investigación de los temas que aborda el proyecto, y el planteamiento del alcance de este. En esta sección se genera la recolección y procesamiento de información que sustenta las etapas posteriores del proyecto; como lo es la selección de las presentaciones de fibras de carbono por utilizar, el dimensionamiento y revisión de requerimientos de las muestras por realizar, la investigación de las normativas y cálculos aplicables a la etapa experimental y no menos importante, el respaldo de investigaciones hechas por otros autores.

Sección Práctica – Experimental

La sección práctica- experimental del proyecto se basa en el diseño, construcción y falla de tres muros muestra escala reducida, constituidas por una placa de cimentación, un paño de bloques de concreto y una viga corona. Las muestras son reforzadas con acero de acuerdo con requerimientos mínimos del CSCR 2010 y dos de estas cuentan con reforzamiento adicional con fibra de carbono. Las muestras son falladas, aplicando carga lateral y como carga axial su propio peso, determinando el cortante y momento de agrietamiento último. Es importante mencionar que todos los materiales utilizados en la construcción de las muestras fueron ensayados mediante las pruebas de calidad regidas por las normas ASTM

Sección de análisis

Esta sección corresponde al procesamiento de los datos obtenidos en la sección práctica-experimental en conjunto con la información obtenida de la sección de investigación, de esta se obtienen los resultados de forma concluyente para la finalidad del estudio. Esta sección se compone de cálculos, gráficos y tablas que permitan comparar los resultados teóricos, los resultados prácticos (cálculos basados en la norma ACI 404.2R-8) y los resultados experimentales obtenidos en laboratorio.

Diseño de muros tipo

Como parte del proceso experimental planteado para el presente estudio, se realizan tres muestras, las mismas están constituidas por una placa de cimentación, un paño de mampostería incluyendo la viga corona. Para la definición de las muestras se contemplan los requerimientos mínimos en cuanto a dimensiones indicadas en el Código Sísmico de Costa Rica. A continuación, se describen cada uno de los elementos que constituyen las muestras:

Placa de cimentación

Uno de los elementos que componen las muestras corresponden a las placas de cimentación, las mismas además de generar el soporte de los muros son los elementos de unión con el piso fuerte del laboratorio, donde posteriormente se realiza la falla de las muestras.

Las placas de concreto son realizadas bajo los requerimientos mínimos que establece el CSCR 2010 para cimentaciones, corresponden a placas de concreto con resistencia a la compresión de $f'c$ 210 kg/cm², con dimensiones de 20x40x200 cm. Cuentan con reforzamiento de acero, conformado

por cuatro varillas longitudinales ASTM 615 G40 #3 y aros #2 cada 20cm, todos con un f_y de 2800 kg/cm². Además, se considera un recubrimiento de 4cm para cimentaciones, siendo un poco mayor al recubrimiento del resto de estructuras al hallarse en contacto con el suelo, sin embargo, por las condiciones del ensayo a pesar de no encontrarse en contacto con el suelo se utiliza dicho recubrimiento para simular las condiciones habituales bajo buenas prácticas constructivas.

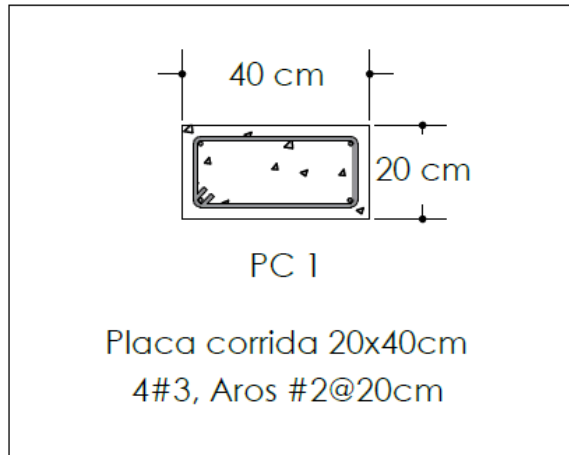


Figura 18. Sección de placa de cimentación

Viga corona

Al simular una muestra de muro, se debe contemplar dentro de la sección una viga corona, como es habitual en una construcción de muro real. La sección propuesta para la viga corona corresponde a una sección de concreto con resistencia a la compresión a los 28 días de f'_c 210 kg/cm², con dimensiones de 12 cm x 20 cm, la misma cuenta con reforzamiento de acero con una configuración de 4 varillas #3 y aros transversales de varilla #2 cada 20 cm, lo cual cumple con el requerimiento del CSCR 2010 en cuanto a espaciamiento entre aros al tratarse de varillas #2 corrugadas.

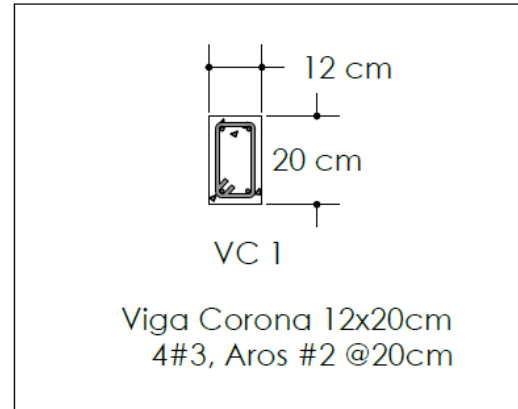


Figura 19. Sección de viga corona

Muro / Paño de mampostería

Esta sección está conformada por bloques de mampostería clase A, con dimensiones de 12x20x40 cm. En cuanto a reforzamiento, cuenta con reforzamiento horizontal cada 60 cm, correspondiente a varilla #3 y vertical cada 40 cm, también a varilla #3, cumpliendo con las condiciones requeridas por el CSCR 2010, en donde se especifica para el refuerzo que “el refuerzo vertical a lo largo del muro debe ser como mínimo varilla #3 y la separación máxima es 80 cm (CSCR, 2010)” y “la separación máxima del refuerzo horizontal en la altura del muro es de 60 cm y puede utilizarse varilla #3, como mínimo (CSCR, 2010)”. Además, se contemplan los ganchos requeridos para el acero vertical, el cual debe iniciar desde la cimentación y extenderse hasta la viga corona, y en cuanto al acero horizontal, este debe quedar completamente embebido entre el mortero de pega.

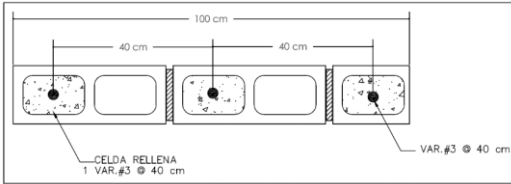


Figura 20. Detalle de acero vertical en muro

Los bloques se colocan de forma escalonada, con una sisa de mortero de pega de 1 cm aproximadamente, esto de acuerdo a lo que se indica en el CSCR: “los bloques deben ser colocados en hiladas horizontales y con traslapes entre hilada e hilada. El traslapo y alineamiento vertical de los bloques deben ser tales que permitan al acero de refuerzo quedar alojado en celdas verticales continuas con dimensiones mínimas de 6 x 7 cm (CSCR,2010)”. En cuanto al relleno de las celdas, se realiza de forma parcial, es decir, se utiliza el relleno de celdas con concreto de 175 kg/cm² únicamente en las celdas que contienen acero vertical. De esta forma se completa la configuración del paño de mampostería bajo las condiciones mínimas indicadas en el CSCR 2010.

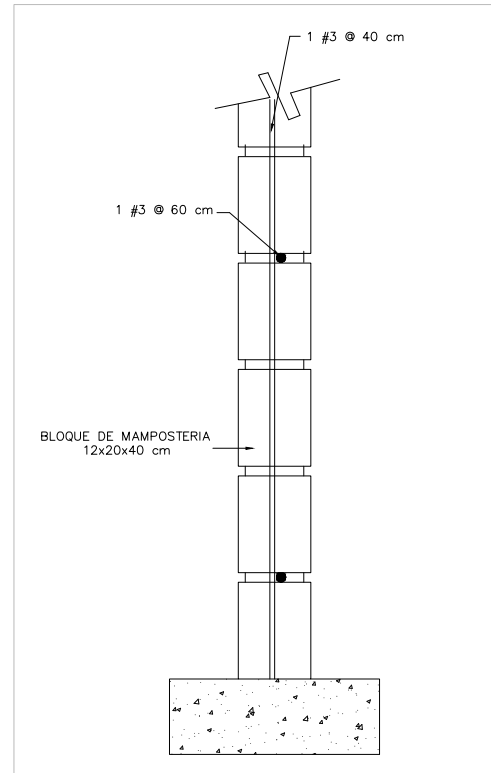


Figura 22. Vista lateral de muestra de muro tipo

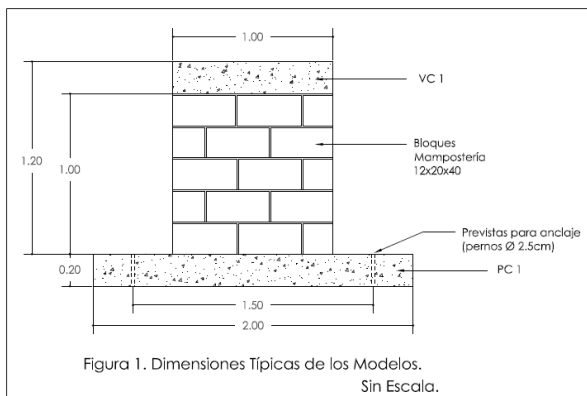


Figura 21. Vista frontal de muestra de muro tipo

Materiales

Posterior al diseño y revisión del diseño de las muestras, se deben seleccionar los distintos materiales por utilizar de la gama que ofrece el mercado nacional. Como una forma de simplificar el proceso constructivo de las muestras y sin perder la finalidad de simular un proceso constructivo habitual en el país, se concluye utilizar productos premezclados para el concreto, mortero y relleno de celdas. Así mismo, se utilizan varillas corrugadas grado 40 ASTM 615 #3 y #2. En esta sección se describe y brinda información acerca de las características de los materiales utilizados.

Concreto estructural

Para la construcción de los elementos diseñados, se contempla una resistencia mínima de 210 kg/cm², en este caso se utiliza un concreto premezclado “Concremix 240” de la industria

INTACO. El concreto premezclado alcanza una resistencia de 245 kg/cm² a los 28 días y el tamaño máximo del agregado utilizado es de 9,5mm, por lo cual cumple tanto con la resistencia mínima de diseño como con el tamaño máximo de agregado de acuerdo a la configuración de las armaduras de refuerzo. De acuerdo a lo indicado por el fabricante en la ficha técnica del producto, el mismo cumple con la norma ASTM C387. La dosificación utilizada corresponde al promedio del rango recomendado por el fabricante, información que se encuentra en la ficha técnica del producto.

Acero de refuerzo

En cuanto al acero de refuerzo por utilizar, el mismo corresponde a varillas #3 corrugadas, con área de 0,71 cm² y varillas #2 corrugadas, con área de 0.317 cm². De las mismas no se cuenta con mayor información, mas que corresponden a grado 40, es decir poseen un fy de 2800 kg/ cm² y un fs de 4900 kg/cm², donde fy corresponde al esfuerzo de fluencia del acero y fs a la resistencia mínima de tracción a la rotura.

Mortero de pega

De acuerdo a lo establecido en la etapa de diseño, por uso, el mortero de pega se requiere que tenga una buena plasticidad, trabajabilidad y debe proveer una buena adherencia entre las unidades de mampostería. En este caso se utiliza el mortero pre empacado Pegablock Tipo S, el cual de acuerdo a lo indicado en su ficha técnica como dosificación se recomienda utilizar 6,5 litros de agua por cada presentación de 40 kg.

Concreto de relleno de celdas

El concreto para el relleno de celdas debe cumplir con dos características principales, primeramente, la resistencia, la cual al igual que el resto de los materiales se contempla con lo establecido en el diseño, 175 kg/cm² como mínimo y el tamaño máximo nominal del agregado, puesto que este debe pasar sin problemas entre los espacios de las armaduras de refuerzo. Para esta mezcla de concreto se utiliza el producto CRC Convencional.

En cuanto a la dosificación, al igual que con los productos anteriores se siguió la recomendación del fabricante de acuerdo a lo que se indica en la

ficha técnica, optando por una cantidad intermedia de agua, 5,5 litros por cada saco de 40 kg.

Mortero para anclaje

De acuerdo a la configuración de anclaje por utilizar, se requiere de un mortero de alta resistencia inicial, ya que se realiza un corte superficial en la placa de cimentación para la introducción del anclaje, dicho corte debe rellenarse y asegurar una resistencia adecuada de acuerdo al diseño. Para realizar lo descrito anteriormente se utiliza el producto Sika Grout Constructor el cual cumple con los estándares CRD C621 y ASTM C1107.

Al igual que con el resto de los productos, se siguió como dosificación la recomendada por el fabricante en la ficha técnica del producto, en este caso, para un saco de 20 kg de productos Sika Grout Constructor, se agrega 3,3 litros de agua, para conseguir una consistencia semifluida.

Construcción de muros

Como primera parte de la etapa experimental del proyecto, se efectúa la construcción de las tres muestras que constituyen el estudio. Para la realización de las muestras se considera la colaboración de operarios experimentados, lo cual es valorado como mano de obra calificada, que represente un factor menor de error o incertidumbre en el estudio, además de garantizar una construcción habitual bajo buenas prácticas constructivas.

La construcción de las muestras se realiza durante el transcurso de una semana en las instalaciones del laboratorio CIVCO en la sede Central del Tecnológico de Costa Rica, a excepción de la confección de armaduras, las cuales fueron hechas previamente, la construcción se efectuó en distintas sesiones de trabajo descritas a continuación:

Sesión 1

Actividad (es): Confección de armaduras

Durante la primera sesión de trabajo se realiza la conformación de las armaduras tanto para placas de cimentación como para las vigas coronas de las tres muestras. Estas como se mencionó con

anterioridad cuentan con una longitud de 192 cm por una sección de 32 cm x 22 cm y una longitud de 92 cm por una sección de 6cm por 14 cm para placas y vigas respectivamente.



Figura 23. Amarre de aros para armaduras



Figura 24. Armaduras de placas de cimentación y vigas coronas

Sesión 2

Actividad (es): Colado de placas de cimentación

Para el colado de las cimentaciones, primeramente, se precisa de la conformación de la formaleta para las placas, la misma se realiza con madera y se coloca desmoldante para madera en cada una de las caras internas.



Figura 25. Armado de formaleta para placas de cimentación

La confección de formaletas finaliza con la fijación de estas entre sí, en el espacio asignado para evitar que estas se eleven durante el vibrado del concreto, la colocación de las armaduras y el acero vertical por colocar en la mampostería, el cual corresponde a tres varillas #3 cada 40 cm. Además, se debe colocar a una distancia previamente establecida dos previstas compuestas por tubos de pvc de ½ in, los cuales corresponden a las previstas para la fijación al piso fuerte del laboratorio por medio de pernos. Una vez que se cuenta con el encofrado y reforzamiento en la posición correspondiente se procede a realizar la mezcla de concreto, para lo cual se requiere de una mezcladora, en este caso se contó con una de dos sacos de capacidad, una balanza electrónica, una probeta, manguera, pala, carretillo y cuchara.



Figura 26. Formaletas y acero de refuerzo colocado



Figura 27. Elaboración de concreto para fundaciones

Una vez que se cuenta con la mezcla de concreta lista se procede al colado de las placas, lo cual se realiza de forma uniforme y con ayuda de un vibrador se efectúa el acomodo del concreto y la eliminación de espacios vacíos, este procedimiento se hace de forma vertical sin tener contacto con el acero. Es importante mencionar que las placas son coladas una a una, de forma que el concreto para cada placa sea realizado en distintas tandas respetando la dosificación propuesta y el tiempo de colocación del concreto.



Figura 28. Colado y vibrado de concreto en fundaciones



Figura 29. Nivelado de concreto en fundaciones

Al finalizar el colado de las placas, estas son cubiertas con plástico para evitar la pérdida de agua, y 48 horas después (por encontrarse cerrado el laboratorio a las 24 horas transcurridas) se inicia el proceso de curado.



Figura 30. Finalizado de colado de fundaciones



Figura 31. Cubierta de fundaciones para evitar contracción del concreto

Sesión 3

Actividad (es): Pega de bloques

Para iniciar la pega de bloques es preciso contar con cierto endurecimiento del concreto de la placa de cimentación. Para esta actividad previamente se realiza el corte de los bloques externos debido a la dimensión del paño de mampostería. Una vez que se cuenta con los bloques por colocar se debe realizar el mortero de pega, el mismo es efectuado bajo la dosificación que indica el fabricante, utilizando en este caso el mortero pre empacado “Pega Block tipo S”. La pega de bloques se realiza bajo una colocación alternada de estos y aplicando una junta de mortero aproximada de 1cm.



Figura 32. Pega de bloques

Es importante mencionar que para esta actividad se cuenta con la colaboración de dos operarios, y que durante la pega de cada hilada de bloques se verifica el nivel correspondiente y se coloca cada 60 cm el acero horizontal, el cual debe quedar completamente embebido en el mortero de pega en las juntas correspondientes. Es importante también recalcar que se contempla un relleno parcial de celdas, es decir, únicamente se rellenan las celdas que contienen acero vertical, de esta forma se procede con el relleno de celdas y se verifica el flujo del relleno con un pequeño agujero en una de las unidades de mampostería de la primera hilada, forma habitual de verificar dicha actividad.



Figura 33. Relleno de celdas con concreto



Figura 34. Proceso de envarillado del concreto de relleno de celdas



Figura36. Colocación de armadura de viga corona



Figura 35. Verificación de nivel de las hiladas de bloques

Sesión 4

Actividad (es): Colado de vigas coronas

Transcurridas 24 horas se procede al colado de las vigas coronas.



Figura37. Colocación de formaleta para viga corona

Para esta actividad se cuenta con la colaboración de dos operarios, y se realiza el colado de cada viga de forma independiente, realizado el correcto envarillado para la eliminación de espacios vacíos

y correcta colocación del concreto, para esta actividad no se utiliza el vibrador, pues se trata de una sección muy pequeña, por lo tanto, el envarillado se efectúa con una varilla #4.



Figura 38. Proceso de envarillado de concreto en viga corona



Figura 39. Proceso de nivelación y acabado de concreto en viga corona



Figura 40. Finalización de construcción muestras

Sesión 5

Actividad (es): Curado de muestras

Las muestras son curadas mediante el procedimiento habitual, en el cual se saturan con agua limpia todos los días durante 7 días.

El proceso de curado es de suma importancia, debido a la reacción exotérmica generada durante el endurecimiento del concreto, por lo cual es preciso que la estructura cuente con agua suficiente para que, al generarse la reacción, no se dé el efecto de contracción debido a la absorción del agua.

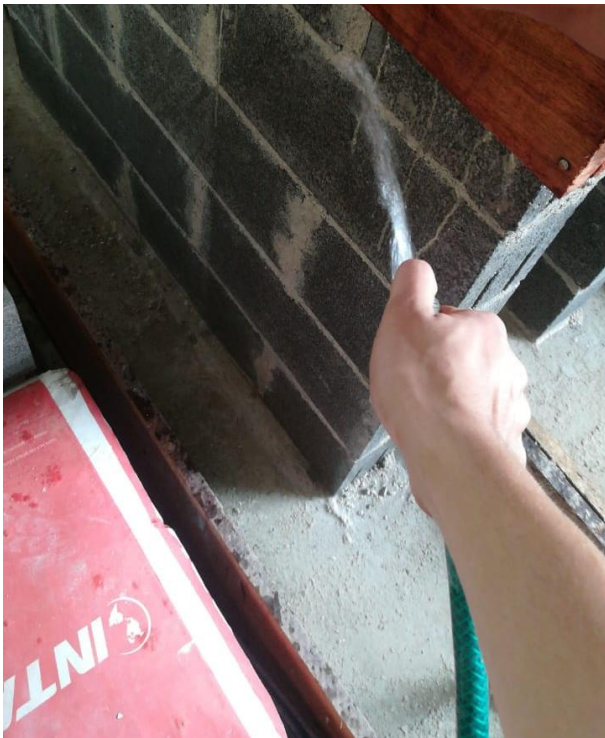


Figura 41. Proceso de curado de las muestras

Sesión 6

Actividad (es): Retiro de encofrado

El retiro de las distintas formaletas que conforman el encofrado, tanto de las placas de cimentaciones como de las vigas coronas.

En general es importante mencionar, que cada una de las sesiones de trabajo fueron supervisadas tanto por las estudiantes como por el

profesor guía, de forma que se dieran indicaciones y seguimiento a los operarios para generar muestras en las mejores condiciones, sin embargo, para efectos del proyecto es importante que cada una de las actividades sea realizada de la forma que habitualmente es efectuada por los operarios, bajo buenas prácticas constructivas, ya que lo que se pretende es simular muros convencionales y que los resultados del presente estudio sean representativos en el mayor porcentaje de casos.

Adicionalmente, es importante el recalcar que, durante la construcción de los muros, fueron extraídas muestras de los distintos materiales constructivos, dicha actividad fue realizada por un técnico certificado del laboratorio CIVCO, con el fin de posteriormente elaborar la caracterización de los materiales utilizados.



Figura 42. Desencofrado de las muestras

Modelación de muestras

Limitaciones de software Sika CarboDur para el modelo en estudio

Como ya se ha expuesto a lo largo de este proyecto, el estudio consta del reforzamiento de muros de mampostería con fibra de carbono, para lo cual se consideraba la opción de simular y realizar el cálculo del reforzamiento apoyado en el software de la empresa Sika, lo anterior, de acuerdo

a la investigación del software por parte de las autoras de este estudio, no determina un resultado aplicable, pues el modelo dista de las características reales del elemento, esto debido a las limitaciones del software para modelar un elemento tipo muro. A continuación, se presenta un breve análisis efectuado a partir de las opciones que brinda el software, en relación con el modelo de los muros de este proyecto.

Modelo como columna

Si bien es cierto el comportamiento de un elemento columna puede asemejarse mayormente al comportamiento mecánico de un elemento tipo muro, lo cual se consideró como la mejor opción en este caso, al iniciar el modelo en el software, este no presenta similitud a la muestra real, se presentan las siguientes limitaciones referentes a la muestra deseada:

- Se establece una relación 2:1 entre los lados de la sección del elemento, lo cual no se cumple contemplando las dimensiones de la sección del muro tipo de este proyecto.
- Permite que la longitud del lado de una sección sea de máximo 900mm.
- En cuanto al acero, el longitudinal lo sitúa predeterminadamente en las esquinas de la sección y para el transversal de forma predeterminada la opción de aros del tamaño del perímetro de la sección menos el revestimiento mecánico y no se presenta alguna opción de refuerzo horizontal simple.

Modelo como viga

El modelo como un elemento viga, se puede realizar para la sección crítica por cortante o bien para la totalidad del elemento por flexión, como se mencionó anteriormente. Las limitaciones de este tipo de modelo para generar el modelo del proyecto son las siguientes:

- Predeterminadamente se genera una distribución de acero longitudinal como generalmente se diseña para este tipo de elementos; contemplando acero superior y acero inferior.

- No se permite colocar el acero en posiciones que no sean con las que cuenta las distintas opciones geométricas del elemento: viga rectangular, tipo T, tipo doble T y tipo T invertida.
- En cuanto a la opción por flexión, al tratarse de un elemento tipo viga, el análisis se realiza como tal, por lo cual el modelo no representa una sección similar a la del caso en estudio.

Modelo como losa

En el caso de elementos tipo losa, el cálculo se realiza por el análisis sección crítica y de flexión, similar al caso de elementos tipo viga. Algunas de las limitaciones al modelar la sección en estudio:

- Se genera una distribución de acero longitudinal por su espaciado como generalmente se diseña para este tipo de elementos; contemplando acero superior y acero inferior, y no permite ingresarlo por cuantía.
- Permite ingresar las dimensiones de las secciones, más en el caso de análisis por flexión, "los cálculos se efectúan para un vano del elemento (vano principal) (Sika, 2015)".

Además de las características del software mencionadas anteriormente, se presentan algunas limitaciones generales, como principal se contempla el que esté diseñado únicamente para realizar los cálculos de elementos estructurales de concreto y no se incluyan otros materiales, caso de las unidades mampostería, que si bien es cierto es un material o sistema constructivo derivado del concreto.

Modelo con SAP 2000

Debido a las limitaciones presentadas por el software SikaCarbodur, se buscó realizar la modelación de las muestras en otro software estructural, que como resultados brindara información pertinente al proyecto y permitiera hacer las comparaciones deseadas inicialmente. Para este caso se utilizó la herramienta SAP2000 en su versión v.20.1.0.

La modelación de las muestras se realizó independientemente una de otra, ajustando cada

una a las características propias de los materiales, incluidas las fibras de carbono. Las propiedades de los materiales utilizados son los resultados obtenidos de pruebas de laboratorio.

El comportamiento de los especímenes de prueba se analizó bajo la no linealidad del sistema, según los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, ya que cuando se observó un aumento en el esfuerzo, las respuestas de los desplazamientos que se generaron en la estructura no fueron de forma proporcional, es por esta razón que la modelación se realizó bajo los lineamientos de un análisis estático no lineal conocido como “Método Pushover”.

Este tipo de análisis consiste en que, como las cargas gravitacionales son las primeras en actuar en la estructura, se producen las primeras deformaciones producto de estas cargas, luego pasan a actuar las cargas laterales que se incrementan de forma secuencial, y así se realiza un proceso iterativo hasta que la estructura falla totalmente. “La denominación “Pushover” se traduce como “Hacer Caer”, lo cual se entiende como el proceso que lleva a la estructura al colapso y determina las condiciones en las que eventualmente podría ocurrir.” (Duarte Bonilla, Martínez Chavarría, & Santamaría Diaz, 2017, pág. 27)

Es importante resaltar, que la no linealidad se le asignó al sistema como tal y no a las fibras de carbono, ya que este material posee un comportamiento lineal hasta la rotura y por la capacidad de estos elementos se puede considerar que el muro podría llegar a la falla antes de que los elementos de CRFP lo hagan. Además de considerar la no linealidad del sistema, se tomó en cuenta las direcciones y los planos en los cuales actúan las fibras de carbono.

A continuación, se muestra la secuencia de pasos utilizados para el análisis pushover del muro 1, para los restantes especímenes de prueba, la secuencia de pasos fue la misma, con la salvedad de que estos se modelaron con la configuración en diagonal de CFRP.

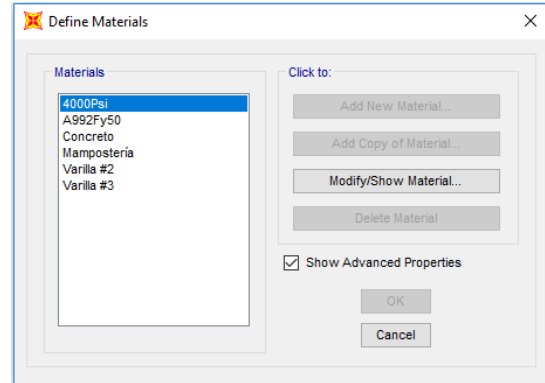


Figura 43. Definición de materiales

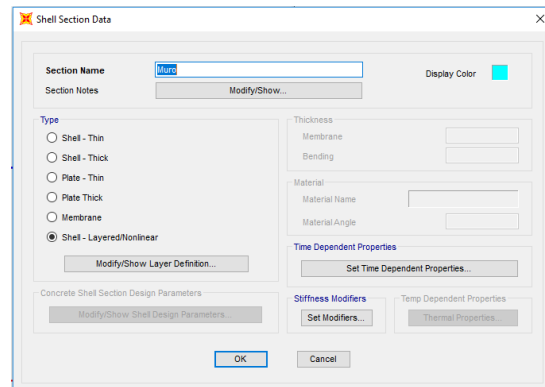


Figura 44. Asignación de la no linealidad al muro

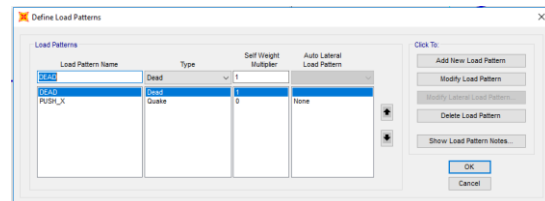


Figura 45. Definición de los patrones de carga que presentan los especímenes de prueba

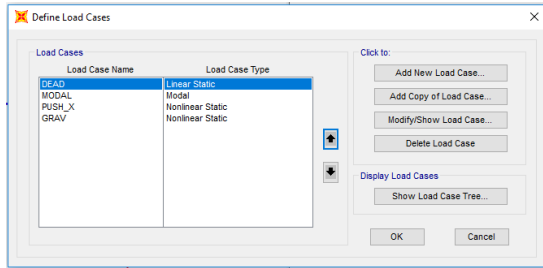


Figura 46. Definición de los casos y el tipo de carga

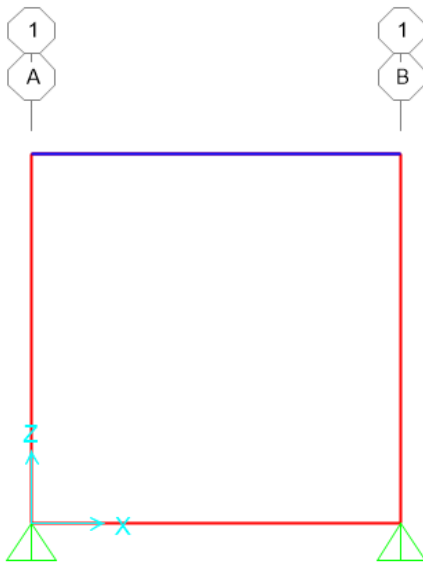


Figura 47. Modelo obtenido para cada muestra

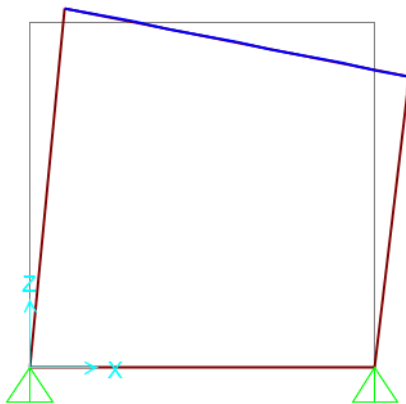


Figura 48. Aplicación de carga lateral y ejecución del análisis

Presentaciones de CFRP y resinas epóxicas utilizadas

El material de fibra de carbono utilizado para las muestras con reforzamiento (Muro 2 y Muro 3), así como las resinas epóxicas, fue suministrada por la empresa SIKKA Costa Rica S.A. La escogencia del material se basó en distintos parámetros, como las características propias del material, y la disponibilidad de estos en el mercado nacional.

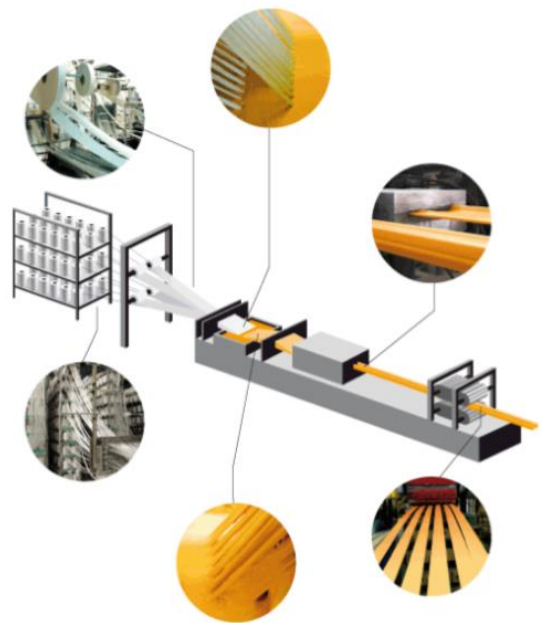


Figura 49. Proceso de pultrusión del CarboDur
Fuente: Rendón, J.

Sika CarboDur S1012

Las platinas Sika CarboDur son polímeros reforzados con fibras de carbono pultrusionadas, es decir, conformadas mediante el proceso de arrastre de fibras mojadas a través de un molde, diseñadas para el refuerzo de estructuras de concreto, madera y acero. Las platinas Sika CarboDur se pegan a la estructura como una armadura externa usando la resina epóxica Sikadur-30.

Ventajas

- No se corroe.
- Muy altas resistencias.
- Excelente durabilidad.
- Ligero y de poco peso.
- Disponible en cualquier longitud, no requiere juntas.
- Espesor total pequeño, puede ser cubierto.
- Fácil de transportar (rollos).
- Fácil solape y entrecruzamiento entre platinas.
- Muy fácil de instalar, especialmente en techos.
- Excelente resistencia a fatiga.
- Requiere una preparación mínima de la platina.
- Elevados módulos de elasticidad.
- Resistente a ataques alcalinos.
- Los extremos de las platinas están limpios sin fibras al descubierto gracias al proceso de pultrusión.
- Certificados disponibles de distintos países.

SikaWrap 600C

El SikaWrap 600C es un tejido de fibras de carbono unidireccionales, de alta resistencia y alto módulo. El material es saturado en obra usando el sistema epóxico Sikadur 301 para conformar un sistema de polímero reforzado con fibras de carbono, usado para el reforzamiento de elementos estructurales.

Ventajas

- Es flexible, puede colocarse envolviendo elementos de forma compleja.
- Alta resistencia y bajo peso.
- No se corroe.
- Resistente a sustancias alcalinas y ácidos.
- Bajo impacto estético.
- Fácil de manipular.
- Fácil de transportar.

SikaDur -30

Sikadur -30 es un adhesivo estructural bicomponente, tixotrópico, libre de disolventes, compuesto por una combinación de resinas epóxicas y cargas seleccionadas, diseñado para usos a temperaturas entre +8°C y +35°C.

Ventajas

- Fácil de mezclar y aplicar.
- No se necesita imprimación
- Alta resistencia a la fluencia bajo carga permanente.
- Muy buena adherencia al concreto, mampostería, piedra, acero, aluminio, madera y platinas Sika CarboDur.
- El endurecimiento no se ve afectado por la alta humedad.
- Adhesivo de alta resistencia.
- Tixotrópico: No escurre en aplicaciones verticales y sobre cabeza.
- Libre de disolventes.
- Endurece sin retracción.
- Componentes de diferentes colores, para el control del mezclado.
- Altas resistencias mecánicas iniciales y finales.
- Altas resistencias a abrasión y a impactos.
- Impermeable a líquidos y vapor de agua.

Fuente: Ficha técnica SikaDur -30, SIKA.

Mezclado de bicomponentes de Sikadur -30

El mezclado del componente A con respecto al componente B, tiene una relación 3: 1 respectivamente, en peso o volumen. El tiempo de mezclado consiste en mezclar los componentes A y B durante al menos 3 minutos con una batidora eléctrica de bajas revoluciones (máx. 600 rpm) hasta que el material tenga una consistencia y un color gris uniforme (esta acción evita la aireación durante el mezclado). Posteriormente se debe verter la mezcla en un recipiente limpio y batir nuevamente durante 1 minuto aproximadamente a baja velocidad, para mantener la mínima oclusión de aire.

El tiempo de vida útil de mezcla o tiempo de manejabilidad empieza cuando la resina y el endurecedor se mezclan. Es más corto a altas temperaturas y más largo a bajas temperaturas. Cuanta mayor cantidad se mezcle, más corto es el tiempo de vida útil de la mezcla. Para conseguir mayor trabajabilidad a altas temperaturas, se debe dividir las proporciones del adhesivo. Otro método de aplicación es enfriar los componentes A y B antes de mezclarlos (no por debajo de +5°C).

SikaDur 301

Sikadur 301 es un adhesivo epóxico de 2 componentes, 100% sólidos, de alto módulo, alta resistencia y resistente a la humedad.

Ventajas

- Fácil de mezclar.
- Resistente a la humedad antes, durante y después del curado.
- Adhesivo de alta resistencia y alto módulo.
- Excelente adhesión al concreto, mampostería, metales, madera y la mayoría de los materiales de construcción.
- Totalmente compatible y desarrollado específicamente para los sistemas SikaWrap.
- Alta resistencia a la deformación bajo carga sostenida.
- Alta resistencia a la abrasión y los impactos.
- Libre de solventes

Mezclado de bicomponentes de Sikadur 301

El mezclado del componente A con respecto al componente B, tiene una relación 3: 1 respectivamente, en peso o volumen. Inicialmente se debe premezclar el componente A, ya que el componente B no requiere mezclado. Después se deben unir ambas unidades completas vertiendo el componente B en el A. El tiempo de mezclado es de aproximadamente 5 minutos usando un mezclador mecánico de bajas revoluciones (400-600 rpm), hasta que la mezcla sea uniforme.

Configuración y anclaje del CFRP

La escogencia de la configuración para los muros de prueba se basó en las recomendaciones de la norma ACI 440.7R-10 y en diversos ensayos y estudios mencionados en el apartado de Marco Teórico de este proyecto.

Como el estudio de los muros se efectuó bajo cargas laterales produciendo esfuerzos por cortante y flexión, la configuración de los muros se realizó en diagonal, buscando así que: una parte de las bandas asuman los esfuerzos por corte y otra parte los esfuerzos producidos por los efectos de flexión, generar una mejor distribución de las grietas y aumentar la capacidad de los muros. La instalación del material de CFRP, tanto el tejido SikaWrap como el laminado CarboDur, se colocaron en una sola cara del paño de mampostería, colocándola desde la viga hasta la cimentación.

Por otro lado, el anclaje de los muros se realizó de tal manera que el sistema de viga-muro-cimiento se comportara monolíticamente, para así estudiar el comportamiento del sistema con reforzamiento de fibras de carbono. Para asegurar este comportamiento, se colocaron dos platinas metálicas en los extremos de las fibras (uniendo el paño de mampostería con la cimentación) para darle continuidad a las bandas de fibra de carbono.

La falla del CRFP fue una de las variantes que se buscaron a la hora de escogencia del tipo de anclaje, ya que de esta manera se puede conocer con certeza cuál es la capacidad máxima que alcanza el material cuando se utilizan como reforzamiento en los muros de mampostería, así poder comparar la capacidad de muros sin reforzar vrs la capacidad de muros reforzados con CFRP.

A continuación, se presenta con más detalle la configuración y el sistema de anclaje llevado a cabo por etapas, es importante mencionar que para esta sesión de trabajo se contó con mano de obra capacitada para la instalación de la fibra, la cual forma parte de la empresa APLITEC, especialistas en aplicación de tecnologías en la construcción, en este caso la instalación de la fibra de carbono.

Etapa 1. Preparación de la superficie

Para iniciar con la colocación del CFRP se procedió a estudiar la superficie de contacto entre la fibra y los bloques de mampostería, con el fin de evitar el despegue del FRP. “Las irregularidades en el sustrato de los bloques es un modo de fallo que no se ha estudiado con profundidad” (López Molina, 2012, p.101). Este fallo se puede evitar mediante la preparación previa de la superficie con el procedimiento correcto adecuado a cada caso (ver Figura 50). Los detalles y especificaciones pueden ser proporcionados por los proveedores del sistema.



Figura 50. Preparación de superficie de muros



Figura 51. Preparación de superficie de muros

Etapa 2. Anclaje de bandas a la cimentación

Como la colocación de la fibra en las muestras debía ser colocada desde la cimentación hasta la viga, se procedió a picar parte de la fundación con el fin de introducir las bandas de fibra de carbono, para ello se utilizó una platina metálica de 10x20cmx3/8", adherida mediante la resina epóxica correspondiente a cada tipo de fibra utilizada (Carbodur o SikaWrap).



Figura 52. Platina metálica para anclaje de fibra.



Figura 53. Corte en cimentación para introducción de la platina metálica



Figura 55. Preparación y mezclado de componentes A y B de las resinas epóxicas



Figura 54. Corte en cimentación para anclaje

Etapa 3. Mezclado y aplicación de Resina epoxi

Antes de empezar la aplicación de la resina sobre el soporte previamente preparado, se deben preparar los laminados, que ya estarán cortados en las longitudes adecuadas. Esta preparación de los laminados consiste en su limpieza, por ambas caras en caso de ser necesario.

Aplicación de Sikadur -30 sobre SikaCarbodur

Con la ayuda de una herramienta construida in situ, se colocó la resina epoxi sobre la lámina de CarboDur de manera que el espesor de adhesivo aplicado fuese de 1 mm (se logra clavando un cabo de madera entre ambas reglas, ver Figura 56). Con esta herramienta se garantizó que la aplicación del adhesivo sobre el laminado fuese continuo y uniforme.



Figura 56. Aplicación de sikadur -30 a SikaCarbodur

Aplicación de Sikadur 301 sobre SikaWrap

La aplicación en este tipo de fibra se realizó según lo especificado en la sección de descripción de las resinas de este proyecto, es una aplicación en húmedo, por lo que se aseguró que la fibra estuviera cubierta con resina epóxica en toda su longitud y por ambas caras.



Figura 57. Aplicación de sikadur 301 a SikaWrap

Etapa 4. Colocación de la fibra de carbono

Antes de la colocación de las bandas, se agregó más cantidad de adhesivo en la configuración previamente realizada sobre los paños de mampostería, para así asegurar la adherencia total al muro, evitando posibles zonas no alcanzadas por la resina. Además, los bloques al ser elementos porosos podían tomar parte de la resina colocada en las bandas, disminuyendo su capacidad, por lo tanto, con la colocación de resina epóxica sobre el muro se logra disminuir esta absorción.



Figura 58. Colocación de adhesivo en el paño de mampostería

Aplicación de las bandas de SikaCarbodur S1012

Se colocó el laminado de refuerzo con adhesivo epoxi sobre la superficie del soporte donde se aplicó previamente la resina. Usando un rodillo de goma se presionó el laminado hasta que el adhesivo sea forzado a salir por ambas caras de este. Posterior a la presión con rodillo, se retiró el adhesivo sobrante.

Es importante evitar aplicar una fuerza excesiva al pasar el rodillo de goma sobre el laminado para evitar la salida excesiva de adhesivo por ambas caras del laminado, de forma que quede menor espesor de adhesivo del adecuado.

El objetivo de presionar la fibra con el rodillo de goma es el de eliminar la mayor cantidad posible de espacios vacíos que pueden presentarse a lo largo del laminado, asegurando que la fibra se encuentre totalmente adherida.

Aplicación de las bandas de SikaWrap 600C

Una vez que las bandas de SikaWrap se cubrieron en su totalidad con resina, se colocaron sobre el paño de mampostería. Posteriormente se le agregó nuevamente adhesivo a lo largo de las bandas.



Figura 59. Proceso de colocación de las bandas SikaCarbodur S1012 sobre el muro



Figura 60. Colocación de las bandas SikaCarbodur S1012 sobre el muro

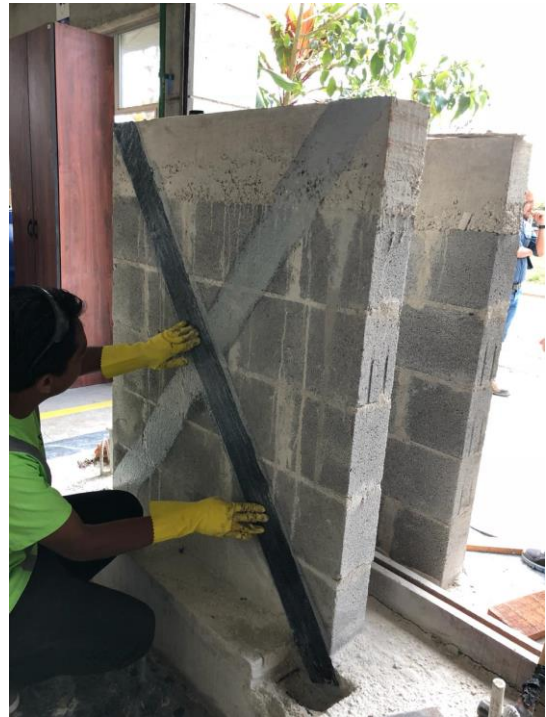


Figura 61. Colocación de las bandas SikaWrap 600C sobre el muro

Etapa 5. Anclaje de los polímeros de fibra de carbono

Para adherir las platinas metálicas a las bandas de fibra de carbono, se utilizó la resina respectiva para cada tipo de presentación, cubriéndola en su totalidad con la resina y posteriormente utilizando el mismo método del rodillo de goma para asegurar su adherencia y eliminar posibles vacíos.

Una vez colocada la placa en dirección a las bandas (ver Figura 62), se selló la abertura de la fundación mediante un mortero de alta resistencia mecánica a todas las edades (a este material se le realizaron las pruebas requeridas para asegurarse que alcanzaran las resistencias mínimas requeridas).



Figura 62. Colocación de las platinas sobre bandas de fibra



Figura 64. Colocación de mortero SikaGrout en anclajes



Figura 63. Preparación de mortero SikaGrout

Cruces entre laminados

Al tratarse de esfuerzos de cortante y flexión, el laminado presenta una configuración con cruces entre sí. La colocación realizada se llevó a cabo bajo el debido cuidado que estos casos conllevan. Para el primer laminado (el primero en colocarse), se realizó una limpieza de la banda con disolvente antes de aplicar el adhesivo y colocar el segundo laminado. En la zona del cruce se aplicó una capa de adhesivo epoxi tanto sobre el soporte como en el laminado, evitando así la creación de una zona cóncava.



Figura 65. Zona de cruce entre laminados

Ensayo: Marco y fijación a piso fuerte

Para realizar los ensayos requeridos de carga lateral se diseñó y construyó un marco cerrado de reacción, tomando como base los elementos modulares del piso fuerte.

Los cálculos preliminares demostraron que la capacidad del marco de prueba tenía que ser igual o superior a 10 ton, ya que la capacidad teórica del muro más resistente se estimó en alrededor de 7 toneladas. Como complemento del marco de prueba se utilizó un pistón con capacidad de 40 ton, una celda de carga con capacidad de 10 ton, dos medidores de desplazamiento con una máxima capacidad de 100mm y una bomba hidráulica, cuya capacidad se limitó a 5000 psi.

La fijación al piso fuerte se realizó mediante dos pernos de 2,5cm de diámetro, los cuales se colocaron en ambos extremos de la placa de cimentación, asegurando que el sistema como tal (viga-muro-fundación) se mantuviera fijo en una sola posición y que el desplazamiento resultante se debiera al obtenido por el muro al aplicarle la carga. La instrumentación de los especímenes de prueba consistió en la colocación de los transductores de desplazamiento, como ya se mencionó anteriormente, en ambas caras de los paños de mampostería. En general y desde el punto de vista del criterio de análisis del proyecto, se midieron las deformaciones laterales de cada muestra.

Toma de datos y aplicación de carga

La toma de datos se hizo por medio de un equipo de adquisición de datos, obteniendo de manera simultánea, información sobre las deformaciones de los dos transductores colocados en distintas caras y la carga aplicada.

Los modelos fueron ensayados mediante la aplicación de cargas monotónicas laterales. En los ciclos, el control del ensayo fue por carga, es decir, incrementos de carga constante en cada ciclo, cuando el tiempo de deformación del muro aumentaba, el técnico procedía a aumentar la carga de forma manual para acelerar el proceso, manteniéndola constante en cada intervención hasta que el proceso se repitiera. Cuando la carga

tendía a disminuir momentáneamente y el desplazamiento por aumentar de manera considerable, se detenía el ensayo suponiendo que en este punto el muro había alcanzado su capacidad máxima. Se planteó previamente, como carga límite 7 toneladas de las 10 que ofrece la celda, debido al criterio del personal del laboratorio y considerando que dicha carga es aproximada a los cálculos realizados. La frecuencia de toma de datos se realizó cada 4 segundos.

Para facilitar la observación y localización de las grietas, se pintaron con pintura en aerosol color amarillo fosforescente y posteriormente se realizó una revisión con el material audiovisual tomado durante los ensayos, sin embargo, para una mejor interpretación y análisis de los resultados, por medio del programa Vector se trazaron las grietas para cada muestra. En las figuras 65, 66 y 67 se muestran las distintas vistas caras de las muestras en las que se generaron grietas.

CUADRO 2. CONFIGURACIÓN DE MUROS		
MURO	COMENTARIO	COLOCACIÓN DE CFRP
MURO 1	Contiene únicamente el reforzamiento nominal con acero de acuerdo a lo estipulado en el CSCR 2010.	-
MURO 2	Adicional al reforzamiento nominal con acero, contempla el reforzamiento con tejidos de fibra de carbono Sika Wrap 600C.	Una cara. En Diagonal
MURO 3	Adicional al reforzamiento nominal con acero, se contempla el reforzamiento con los laminados Sika CarboDur S1012.	Una cara. En Diagonal



Figura 66. Movilización de muro a zona asignada para la falla.



Figura 67. Proceso de fijación de muestra a piso fuerte.



Figura 6. Proceso de falla de muestra y toma de datos.

Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en las distintas etapas que conforman este proyecto.

Diseño Teórico de la muestra 1

El diseño de las muestras basado en los requerimientos del CSCR con los datos de los materiales brindados por fabricantes y con los resultados prácticos obtenidos en laboratorio, se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO 3. SOLICITACIONES DE MURO 1		
Propiedad	Ficha técnica	Laboratorio
Vs [kg]	3976	3565,15
Vm [kg]	2850,19	2831,49
Vn [kg]	6826,19	6396,64
Vu [kg]	4095,72	3837,98
Mcr [kg-cm]	134000	147383,15
Mn [kg-cm]	267479,33	248631,76
Mu [kg-cm]	213181,02	198288,82

Caracterización y control de calidad de materiales

La caracterización de los materiales, mediante los ensayos realizados bajo las normas ASTM, que

permite realizar el control de calidad de las características mecánicas y corregir los datos de diseño y cargas teóricos.

Concreto

CUADRO 4. RESULTADOS DE FALLA DE MUESTRAS DE CONCREMIX 240			
Muestra	Edad [días]	Área Sección [cm²]	Resistencia compresión [kg/cm²]
M1	28	78,54	302,14
M2	28	78,54	276,14
M3	28	78,54	318,87

CUADRO 5. RESULTADOS DE FALLA DE MUESTRAS DE CRC CONVENCIONAL			
Muestra	Edad [días]	Área Sección [cm²]	Resistencia compresión [kg/cm²]
M1	28	101,97	103,81
M2	28	71,65	110,13

Mampostería

CUADRO 6. RESULTADOS DE FALLA DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA			
Muestra	Dimensiones [cm]	Área Sección [cm²]	Resistencia compresión [kg/cm²]
M1	12x20x40	235,64	122,77
M2	12x20x40	235,64	126,24
M3	12x20x40	235,64	114,92

Mortero

CUADRO 7. RESULTADOS DE FALLA DE MUESTRAS DE PEGABLOCK TIPO S					
Muestra	Edad [días]	Área Sección [cm²]	Carga última [kg]	Carga última Ajustada [kg]	Resistencia a la compresión [kg/cm²]
M1	28	25,81	2750	2838,28	109,97
M2	28	25,81	2600	2681,09	103,88
M3	28	25,81	2650	2733,47	105,91

CUADRO 8. RESULTADOS DE FALLA DE MUESTRAS DE SIKAGROUT CONSTRUCTOR					
Muestra	Edad [horas]	Área Sección [cm²]	Carga última [kg]	Carga última Ajustada [kg]	Resistencia a la compresión [kg/cm²]
M1	24	25,81	8875	9355,83	362,49
M2	24	25,81	8200	8628,09	334,29
M3	24	25,81	8900	9382,83	363,53

Acero

CUADRO 9. RESULTADOS DE FALLA DE MUESTRAS DE VARILLA #3					
Muestra	Longitud de muestra [cm]	Área Sección [cm²]	Carga de tracción [kg]	Esfuerzo de rotura [kg/cm²]	Esfuerzo de lím. elástico [kg/cm²]
M1	20	0,716	3429	4782	3060
M2	20	0,718	3387	4723	3001
M3	20	0,719	3382	4701	3124

CUADRO 10. RESULTADOS DE FALLA DE MUESTRAS DE VARILLA #2					
Muestra	Longitud de muestra [cm]	Área Sección [cm²]	Carga de tracción [kg]	Esfuerzo de rotura [kg/cm²]	Esfuerzo de lím. elástico [kg/cm²]
M1	20	0,245	1139	4660	4418
M2	20	0,247	1069	4324	4070
M3	20	0,244	1066	4375	4104

Resultados Teóricos

A partir de las fórmulas presentadas en la sección de Marco Teórico referentes a cortante, flexión y momento según la normativa indicada, se resumen

en el siguiente cuadro los resultados obtenidos para las muestras.

CUADRO 11. RESULTADOS TEÓRICOS OBTENIDOS A PARTIR DE NORMA ACI 440.7R Y CSCR-10			
Propiedad	Muro 1	Muro 2	Muro 3
	<i>Sin CFRP</i>	<i>CFRP</i>	<i>CRFP</i>
Vf [kg]	-	3806,94	1617,95
Vn,s [kg]	-	10203,58	8014,59
Vn [kg]	6396,64	-	-
Vu [kg]	3837,98	6122,15	4808,75
Mn [kg-cm]	248631,76	347927,39	303005,98
Mu [kg-cm]	198288,82	278341,91	242404,78
Aumento de capacidad	-	59,51%	25,29%

Resultados Experimentales

Una vez obtenidos los resultados teóricos, se procede a generar los datos experimentales a partir de los ensayos de laboratorio realizados. Estos resultados se muestran en el Cuadro 12 y

13. Así mismo, en la Figura 68 se muestran los datos obtenidos para las tres muestras de forma gráfica.

Cargas y desplazamientos máximos

CUADRO 12. CARGA Y DESPLAZAMIENTO MÁXIMO EN MUESTRAS				
Muestra	Reforzamiento FRP	Configuración FRP	Carga Máxima [kg]	Desplazamiento Máximo [mm]
Muro tipo 1	N/A	N/A	4522,98	25,71
Muro tipo 2	SI	DIAGONAL	7022,94	30,32
Muro tipo 3	SI	DIAGONAL	5758,38	22,50

Comparación de resultados experimentales para los tres muros

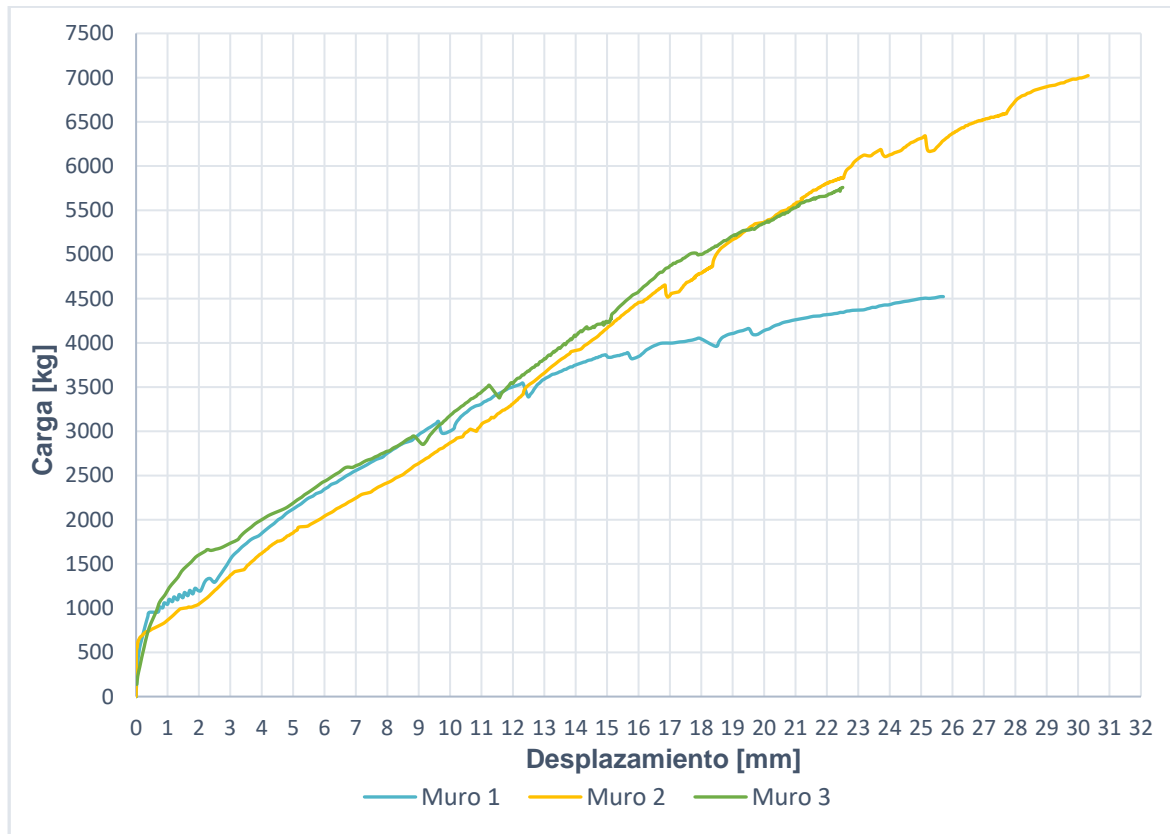


Figura 68. Gráfica de carga última vs desplazamiento de las muestras

CUADRO 13. Comparación de capacidad experimental obtenida			
Propiedad	Muro 1	Muro 2	Muro 3
	<i>Sin CFRP</i>	<i>CFRP</i>	<i>CRFP</i>
Vu [kg]	4522,98	7022,94	5758,38
Aumento de capacidad	-	55%	27%

Patrones de agrietamiento

Las siguientes figuras son el resultado de realizar el mapeo de la generación de grietas durante la falla de los muros al aplicar la carga lateral monotónica

creciente en el borde superior izquierdo de la viga corona.

Muro1

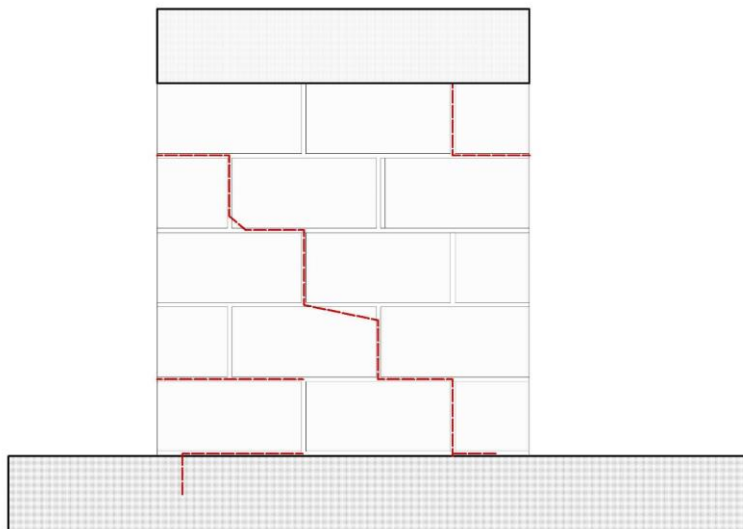


Figura 69. Agrietamiento en cara A de Muro 1

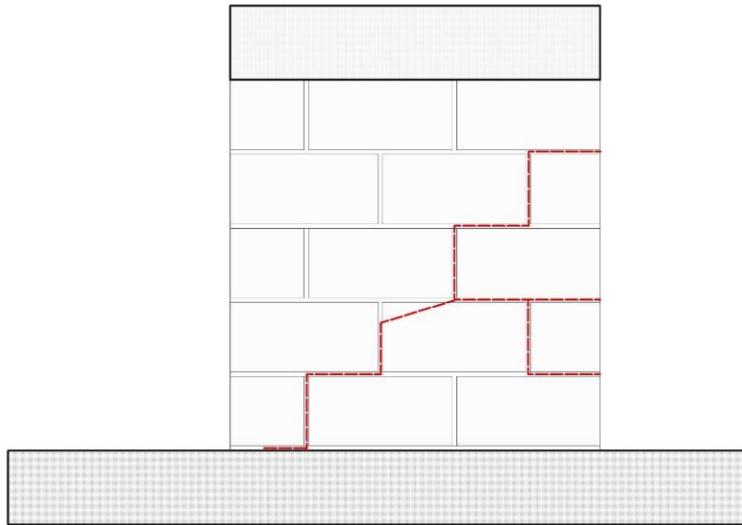


Figura 70. Agrietamiento en cara B de Muro 1

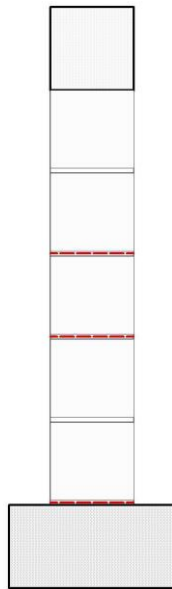


Figura 71. Agrietamiento en cara C de Muro 1

Muro 2

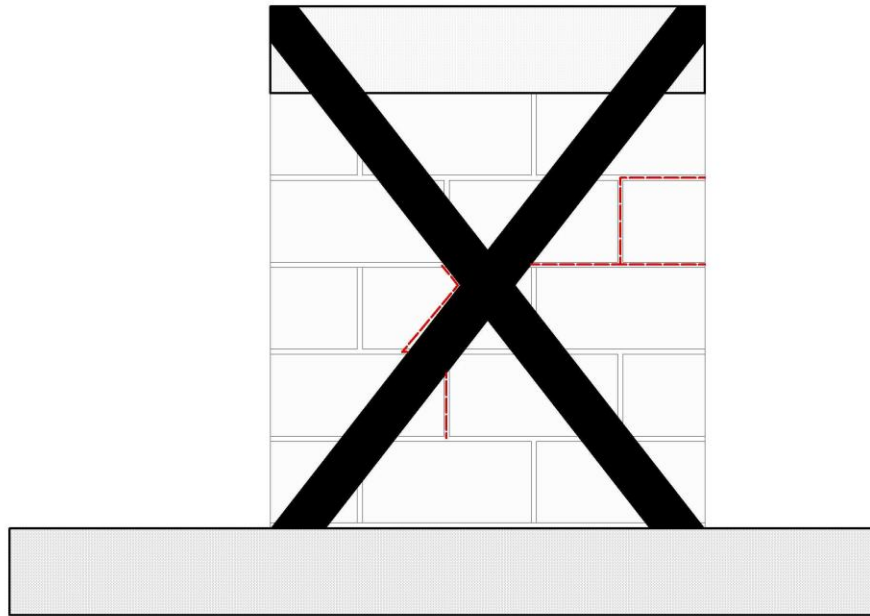


Figura 72. Agrietamiento en cara A de Muro 2



Figura 73. Agrietamiento en cara B de Muro 2

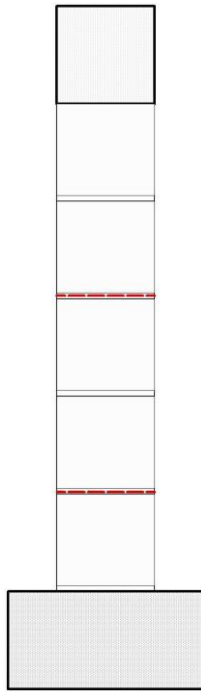


Figura 74. Agrietamiento en cara C de Muro 2

Muro 3

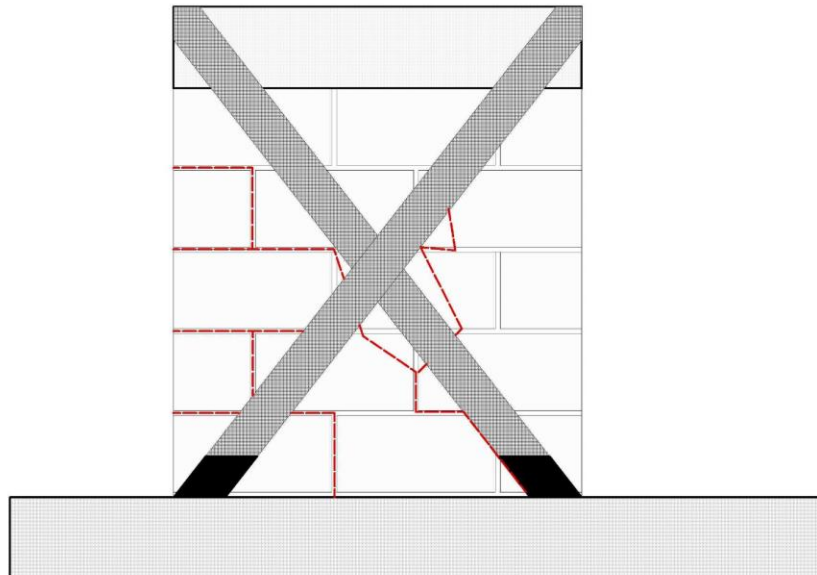


Figura 75. Agrietamiento en cara A de Muro 3

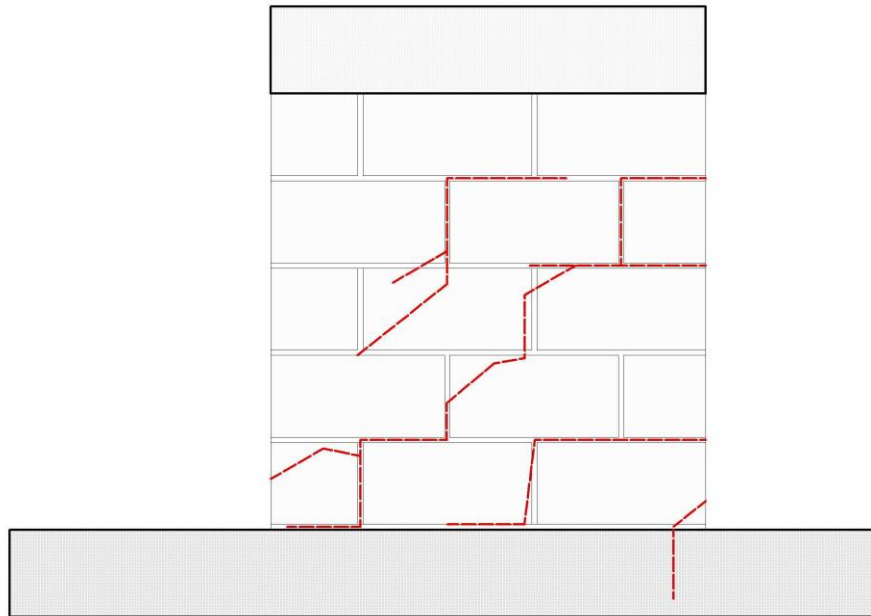


Figura 76. Agrietamiento en cara B de Muro 3

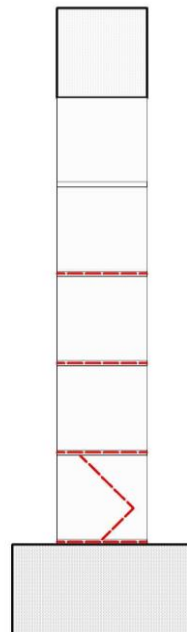


Figura 77. Agrietamiento en cara C de Muro 3

Resultados Modelación-SAP 2000

En las siguientes figuras se muestra el resultado de la modelación de las muestras en el software de análisis, presentando la carga contra el

desplazamiento a partir del método Pushover para cada muestra.



Figura 78. Curva esfuerzo vs deformación para Muro 1



Figura 79. Curva esfuerzo vs deformación para Muro 2

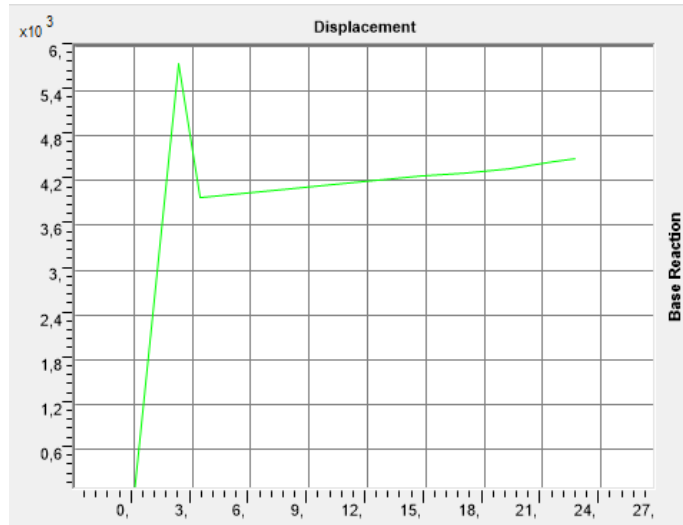


Figura 80. Curva esfuerzo vs deformación para Muro 3

Matriz comparativa de los tres especímenes bajo distintos métodos de investigación

El Cuadro 14 presenta un resumen de los resultados obtenidos para cada muestra mediante los distintos métodos empleados en el estudio con

el fin de generar una mejor interpretación de los datos.

CUADRO 14. MATRIZ COMPARATIVA DE LAS MUESTRAS							
Muestra	Reforzamiento FRP	Resultados Teóricos		Resultados Experimentales		Resultados Modelación	
		Carga última [kg]	Desplazamiento [mm]	Carga última [kg]	Desplazamiento [mm]	Carga última [kg]	Desplazamiento [mm]
Muro 1	N/A	3837,98	-	4522,98	25,71	4115,45	25,12
Muro 2	Laminado - CarboDur	6122,15	-	7022,94	30,32	18132,56	31,96
Muro 3	Tejido - SikaWrap	4808,75	-	5758,38	22,50	5864,89	2,87

Comparación de resultados experimentales y de modelación con software de análisis SAP 2000

En las siguientes figuras se muestran los graficos de carga contra desplazamiento obtenido mediante los ensayos de laboratorio y la modelacion en el

software de análisis, con el fin de generar una mejor apreciacion de la similitud entre los resultados.

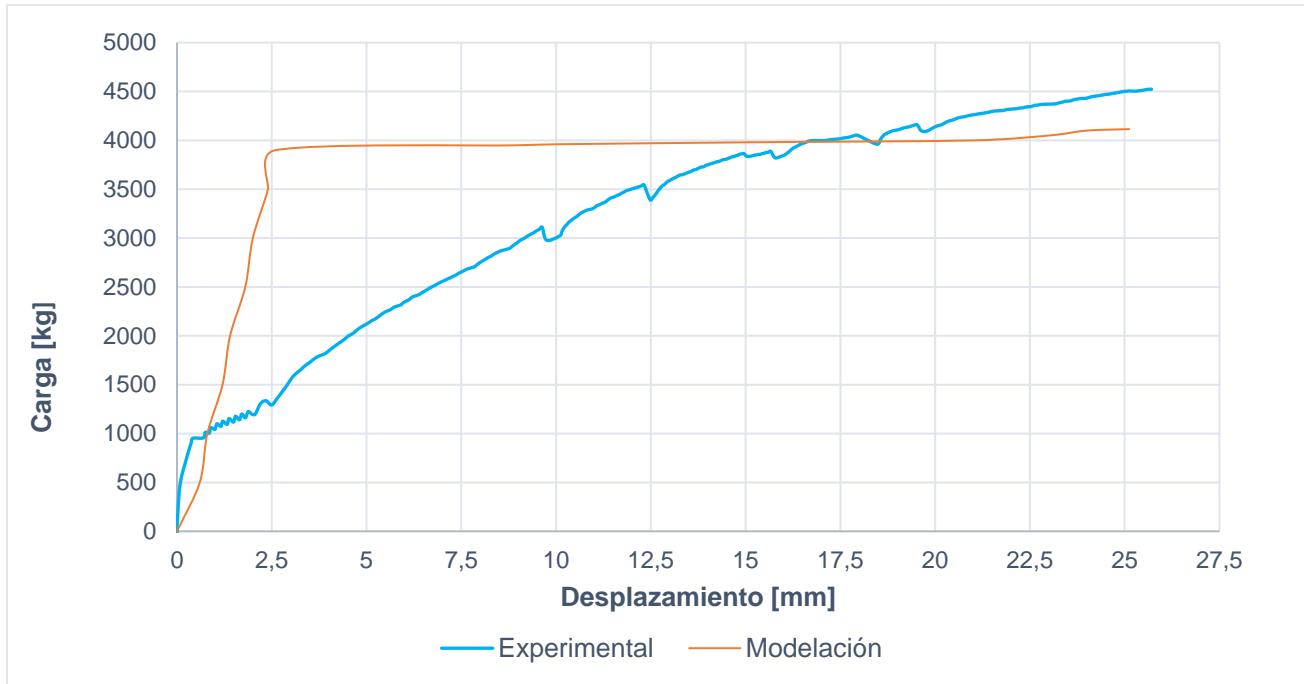


Figura 81. Superposición de resultados de SAP2000 y experimentales para Muro 1

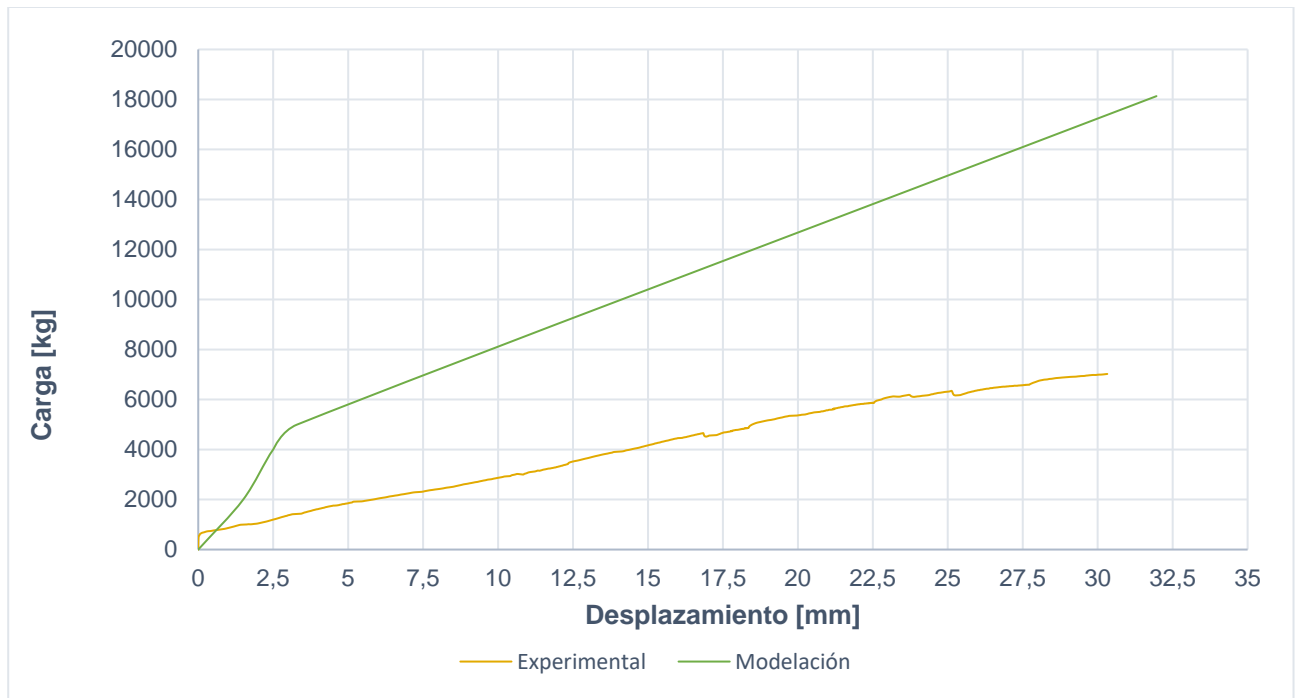


Figura 82. Superposición de resultados de SAP2000 y experimentales para Muro 2

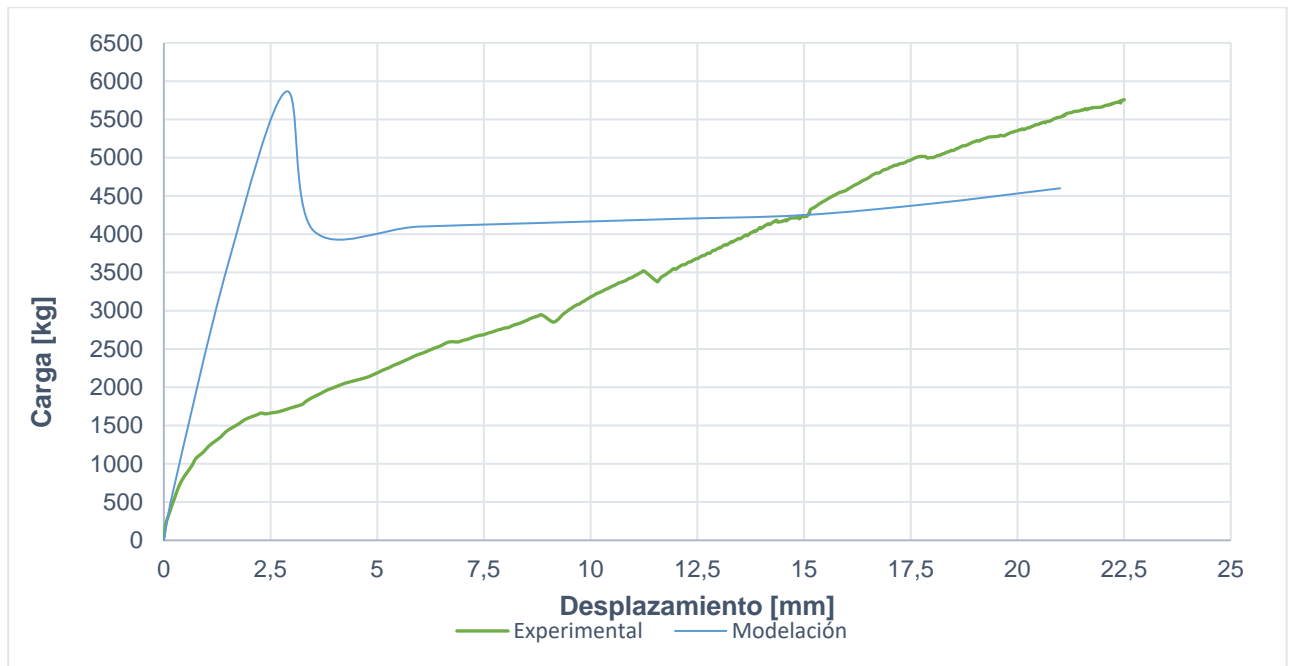


Figura 83. Superposición de resultados de SAP2000 y experimentales para Muro 3

Matriz comparativa de desempeño de los especímenes

Con el fin de determinar en cual de las muestras se presentó un mejor rendimiento de forma global a partir del reforzamiento

realizado, se genera la matriz presentada en el Cuadro 15, en donde asigna para cada aspecto por evaluar un puntaje de acuerdo a la escala indicada.

CUADRO 15. MATRIZ DE DESEMPEÑO DE LAS MUESTRAS							
Escala		1 = muy deficiente	2 = deficiente	3 = bueno	4 = muy bueno	5 = óptimo	
Muestra	Reforzamiento FRP	Facilidad de colocación de reforzamiento	Carga última	Incremento de Resistencia	Bajo nivel de Agrietamiento	Desplazamiento [mm]	Total
Muro 1	N/A	5	3	3	3	2	16
Muro 2	Laminado - CarboDur	4	5	5	4	3	21
Muro 3	Tejido - SikaWrap	4	4	4	3	4	19

Análisis de resultados

Control de calidad de materiales

Como se menciona en las secciones de Marco Teórico y Metodología, es importante analizar la calidad de los materiales debido a que es un factor de suma relevancia en el comportamiento mecánico de las estructuras, bajo este argumento el CSCR-10 presenta en cada una de las secciones de diseño los requerimientos para los materiales, basados en la normativa ASTM, los cuales fueron considerados en la elaboración de las muestras para el estudio presentado, es importante recalcar, como se ha mencionado anteriormente, que cada uno de los cálculos en los que interviene la caracterización de los materiales, fueron realizados de nuevo una vez obtenidos los resultados de dicha caracterización.

Concreto

En el Cuadro 4. se presentan los resultados de las pruebas de compresión realizadas a los especímenes de concreto utilizado tanto para la placa de cimentación como para la viga corona, obteniendo una resistencia a la compresión promedio de 299 kg/cm², resistencia que se encuentra por encima de la considerada en el diseño y cálculos previos, sin embargo, no se considera dicho aumento como un conflicto para el objetivo del proyecto, tomando en cuenta que esta resistencia infiere principalmente en el anclaje realizado en la placa de cimentación, puesto que como se explica en la metodología, se efectuó el relleno del corte hecho con un mortero estructural, de esta forma ambas mezclas deben presentar una resistencia similar para no generar un plano de falla en dicho elemento. Bajo el mismo argumento se encuentra el concreto de relleno de celdas, los resultados de los prismas se encuentran en el Cuadro 5, obteniendo una resistencia promedio de

107 kg/cm², la cual se considera baja respecto a lo especificado por el fabricante de acuerdo al ensayo de la norma ASTM C-109, de la misma forma al utilizar mampostería se considera importante que el concreto de relleno de celda tenga una resistencia similar a la unidad de mampostería, lo cual se cumple con dicha resistencia obtenida, de esta forma el comportamiento del sistema de mampostería relleno cumple con su función y no se considera que afecte la resistencia de los muros, sin embargo, respecto a la resistencia que se esperaba obtener siguiendo la dosificación brindada por el fabricante, el resultado no es favorable, pues se encuentra 68 kg/cm² por debajo, lo cual puede relacionarse a la toma de la muestra, y a la hora de verter la mezcla en la configuración de bloques requerida para dicha prueba, no se logró una buena homogeneización de la mezcla y la compactación tampoco fue la adecuada, pudiendo afectar la segregación de esta, pues inclusive fue necesario realizar una nivelación de las caras de los prismas con una mezcla de yeso y cemento antes de hacer las fallas.

Mampostería

Las unidades de mampostería utilizadas son clase A de acuerdo a la clasificación en el CSCR-10, con una resistencia supuesta de 100 kg/cm², en el Cuadro 19 se observan los resultados obtenidos de las muestras ensayadas, de estos se extrae que la resistencia a la compresión obtenida de las unidades de mampostería en promedio es de 121,3 kg/cm², por lo cual difiere en 14 kg/cm² con la resistencia del concreto de relleno, lo cual para efectos del proyecto no se considera un factor que interfiera en los resultados de capacidades mecánicas, pues ambos materiales presentan una resistencia similar con la cual el sistema constructivo como mampostería parcialmente rellena se comporta uniformemente.

Mortero

En cuanto al mortero de pega, en el Cuadro 20, se muestran los resultados, de los cuales en promedio la resistencia a la compresión es de 106,6 kg/cm², tomando como punto de comparación, lo especificado en la norma ASTM C270 la cual indica que para un mortero tipo S, la resistencia a la compresión a los 28 días debe ser de 12,4 MPa, es decir, aproximadamente 126,4 kg/cm², por lo tanto la resistencia obtenida se encuentra por debajo de lo normado. Como se menciona en el Marco Teórico, algunos estudios han demostrado que la resistencia del mortero de pega no influye en la capacidad del muro, en este caso en particular, se considera influyente la capacidad de adherencia y resistencia de la mezcla de mortero utilizada. Lo anterior hace referencia al comportamiento de los muros al aplicar la carga lateral, ya que como se analiza con posterioridad, se generaron mayormente grietas en las juntas de las unidades de mampostería, lo cual puede considerarse debido a la diferencia significativa entre la resistencia de las unidades de mampostería y el mortero de pega, generando en las sisas posibles patrones de falla directa.

Además del mortero de pega, se utilizó un mortero de alta resistencia para anclajes, justamente en la zona en donde se realiza el anclaje de la fibra de carbono y la placa de metal en la fundación. Los resultados de las fallas de muestras se aprecian en el Cuadro 21. Este mortero de acuerdo a lo especificado por el fabricante y la norma ASTM C109, siguiendo la debida dosificación debió alcanzar una resistencia de 275 kg/cm² en 1 día, obteniendo para dicha edad una resistencia promedio de 353,4 kg/cm² la cual es superior a la resistencia obtenida del concreto de la fundación, incurriendo en la generación de planos de falla, similar al caso del mortero de pega y las unidades de mampostería. En el análisis de los patrones de agrietamiento se comenta acerca de las grietas generadas en la zona de los anclajes, producto en parte de la diferencia entre resistencia del concreto de la fundación y el mortero del anclaje.

Acero

En la construcción de los distintos elementos estructurales se utilizaron dos distintas secciones de varillas de acero, #2 y #3, las mismas fueron

ensayadas, obteniendo los resultados mostrados en el Cuadro 22 y Cuadro 23, la varilla #3 obtiene en promedio un esfuerzo de fluencia de 3061 kg/cm², mientras la varilla #2 4191,3 kg/cm². Al tratarse de acero grado 40 se espera un esfuerzo de fluencia de 280 MPa, aproximadamente 2855 kg/cm², de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM A615, lo cual ambas barras utilizadas cumplen, de igual forma se corroboró que el acero estuviera en las condiciones apropiadas para utilizarse como reforzamiento, en cuanto al corrugado y presencia de corrosión. Por lo tanto, no se determina que el acero utilizado incurra en algún factor negativo en la resistencia y comportamiento de los muros.

Carga última

Respecto a los resultados obtenidos de carga última, existe disparidad entre las estimaciones teóricas realizadas previamente a los ensayos y las experimentales (reales). En el Cuadro 24 y Cuadro 25, se muestran tanto los resultados teóricos como los experimentales para cada una de las muestras. En el caso del Muro 1, las estimaciones de cortante último y momento se realizaron bajo el diseño especificado en el CSCR-10, obteniendo como estimación teórica un cortante último de 3837,98 kg mientras que en el ensayo se obtiene 4522,98 kg, se considera que la diferencia corresponde al diferencial producto de los factores de seguridad presentes en la metodología de diseño del CSCR-10.

En cuanto al Muro 2, el cual corresponde al reforzado con la presentación laminada de fibra de carbono, CarboDur, se obtiene teóricamente, bajo la metodología de diseño de la norma ACI 440.7R, un cortante último de 6122,15 kg, mientras que mediante el ensayo de laboratorio se obtiene un cortante último de 7022,94 kg, generando un aumento de 14,7% aproximadamente, entre la estimación teórica y los resultados de laboratorio, se considera que dicha diferencia es producto del factor de reducción de resistencia requerido por la metodología de diseño del ACI 530.

Similar al caso del muro 2, el muro 3 presenta una diferencia creciente entre la estimación de cortante último teórico y el obtenido en el ensayo de laboratorio, obteniendo de forma respectiva 4808,75 kg y 5758,375 kg, dicha diferencia equivale a un 19,7% aproximadamente.

Para el estudio, es de mayor interés el comparar los resultados prácticos, para esto en el Cuadro 26, se muestran los porcentajes de aumento de resistencia de los muros 2 y 3 respecto al muro 1 que no cuenta con refuerzo de fibra de carbono. Estos porcentajes de incremento de resistencia; 55% y 27% del muro 2 y 3 respectivamente, se encuentran dentro del rango esperado, de acuerdo a los estudios que indican que la resistencia de los elementos puede incrementarse hasta en un 50%. Por lo tanto, es posible que dicha minoración de resistencia pueda ser mayor, bajo este argumento se considera dentro de los factores de afectación: el comportamiento del muro por sí mismo; sin contar con el reforzamiento, el desempeño de los materiales y el proceso constructivo, factores que ya se analizan en esta sección. Además, dos factores que deben analizarse pues repercuten dentro de los resultados de carga última post reforzamiento, son las presentaciones de fibra utilizadas y la configuración seleccionada.

En referencia a las presentaciones de fibras utilizadas, como se muestra en los Cuadro 14, ambas presentaciones difieren en cuanto a propiedades, por ejemplo, la presentación en laminado "Sika CarboDur" presenta un esfuerzo último de rotura de 28552,05 kg/cm², y la presentación en tejido "Sika Wrap 600C" presenta para la misma propiedad, 42828,08kg/cm², así mismo, el proceso de producción y la resina requerida para cada presentación es distinta, tal y como se menciona en la sección de metodología, características que influyen en los resultados de resistencia obtenida, siendo en este caso mayor el incremento ofrecido por la presentación en laminado.

Si bien es cierto, la configuración en diagonal es la que en distintos estudios ha presentado los mejores resultados, sin ser este una excepción, pues se incrementa de manera significativa la resistencia del muro, dicha configuración manteniendo el patrón en diagonal, podría ser colocada de distintas formas. Algunas de las alternativas dentro de la configuración en diagonal, es el reforzamiento por ambas caras del muro, la cual puede resultar obvio, sin embargo, no fue considerado ya que no se encuentra dentro de las estipulaciones de la norma ACI 440.7R, y se pretende con este estudio considerar tanto las estimaciones teóricas como los resultados prácticos. Otra posible opción es el contar con una de las diagonales en cada una de las caras del

muro, de esta forma se podría controlar en mayor medida el agrietamiento del muro o bien que este sea mejor distribuido en ambas caras.

Las anteriores son alternativas al estudio realizado, que como se ya se mencionó, cumple con el requerimiento planteado en cuanto a mayorar la carga última que resisten los muros, más las alternativas planteadas podrían incrementar el alcance del reforzamiento obtenido, es decir, que dicho reforzamiento sea aún mayor. En este aspecto es importante recalcar que la configuración del reforzamiento seleccionado cumple con la disposición mínima requerida por la estructura, mas como se menciona en la sección de metodología, los ensayos fueron detenidos al generarse un cambio abrupto en la tendencia de carga vs desplazamiento, determinando una carga última pero no la carga de falla o rotura de los elementos.

Desplazamiento

Como parte del ensayo se utilizaron dos medidores de desplazamiento con una capacidad máxima de 100 mm, estos fueron colocados en la esquina superior de los muros con el fin de controlar el desplazamiento del espécimen con cada incremento de carga.

Como era de esperarse, para todas las muestras, el incremento de carga involucró un aumento en el desplazamiento del espécimen, sin embargo, no todos presentaron la misma respuesta de desplazamiento ante las diversas magnitudes de carga.

Los resultados experimentales obtenidos de desplazamientos máximos para los Muros 1,2 y 3 fueron los siguientes: 26,215mm, 30,365mm y 22,655mm respectivamente.

Se buscó efectuar una comparación del desplazamiento de los muros respecto a los resultados obtenidos para el Muro 1, cuya capacidad máxima fue de 4522,982 kg con un desplazamiento de 26,215mm. Con la ayuda del equipo de adquisición de datos, al aplicar la carga máxima del Muro 1 al Muro 2 y Muro 3, el desplazamiento obtenido fue de 16,96 mm y 15,75mm respectivamente. Con lo anterior, fue posible determinar que, para una misma carga aplicada, el Muro 2 disminuyó en un 35% el valor obtenido de desplazamiento con respecto al Muro 1 y para el caso del Muro 3 se obtuvo una disminución del 40%.

Efectivamente se comprobó que el uso del CFRP contribuyó no solamente en el aumento de la capacidad de los especímenes, sino que también disminuyó los desplazamientos obtenidos por cargas laterales.

Patrones de Agrietamiento

Existieron variaciones importantes dentro de los patrones de agrietamiento de las tres muestras. A partir de la Figura 69 hasta la Figura 77, se pueden observar los resultados de los especímenes que a continuación se describen.

Los patrones mostrados en el ensayo se pueden dividir en tres etapas. La primera corresponde a la formación de grietas horizontales y en forma de grada en las zonas de flexión y compresión, lo que evidencia una tendencia al dominio de las deformaciones por flexión en el modelo. En la segunda etapa se propagan las grietas formando una diagonal (en dirección al punto de aplicación de carga) y siguiendo la dirección de las sisas de mortero. El nivel de deterioro de los bloques en las zonas de flexión y compresión es importante, lo que obliga al acero vertical de los extremos a tomar estos esfuerzos. En la última etapa se produce un agrietamiento diagonal, pero esta vez atravesando las unidades de mampostería.

El muro 1 inicialmente presentó una grieta horizontal entre el muro y la cimentación, creando desligue entre ambos elementos, sin embargo, posterior a esta, se lograron apreciar grietas horizontales en las hiladas 1,3 y 4, en ese orden respectivamente.

Este espécimen cumplió con las tres etapas descritas anteriormente, ya que, una vez cumplida la primera etapa, se logró apreciar un patrón de grietas en forma de escalerilla, formando una diagonal, visible tanto en las sisas como en los bloques. Este muro presentó el patrón de agrietamiento típico teórico por afectación de carga lateral.

Para el caso del muro 2, con CarboDur, la etapa más marcada fue la primera, durante los primeros ciclos de carga se observaron patrones de agrietamiento horizontales en las hiladas 3 y 4, lo que sugiere que las deformaciones por corte dominaban el ensayo. Debido a la configuración en

diagonal realizada, no hubo afectación en el muro por la etapa 2, sin embargo, conforme aumentaban los ciclos de carga, el agrietamiento diagonal se presentaba atravesando las unidades de mampostería progresivamente (especialmente en las cercanías del CFRP). Como no fue posible llevar este espécimen hasta la falla o hasta su máxima capacidad, no se conoce con certeza el posible patrón de grietas que puede presentar.

El muro 3, con SikaWrap, fue el que presentó el patrón de agrietamiento con más variables, presentó las tres etapas, pero no en el orden descrito anteriormente. La etapa 1 se manifestó inicialmente en el ensayo, con la aparición de grietas horizontales en las hiladas 1 y 3, seguidamente de formación de grietas en forma de gradas en la zona de flexión. Sin embargo, algo característico del patrón de agrietamiento de los muros con CFRP, es que las grietas se forman muy cerca de las fibras y esto sucede ya que estas están colocadas en diagonal, configuración típica para esfuerzos por cortante y flexión, por lo que las grietas tienden a formarse alrededor de estas. Esto influye a que la etapa 3 se manifieste de manera instantánea. La diferencia entre este muro y el muro 2, es que hay presencia de grietas iniciando una formación de equis, lo cual indica que hay afectación por la aplicación de carga lateral en la zona de compresión del muro. Por lo tanto, para este muro el orden cronológico en las que se presentaron las etapas fue 1, 3 y 2 respectivamente. Otro de los aspectos importantes por mencionar en el ensayo del muro 3, es que este presentó una grieta destacable en uno de los anclajes de la fibra en la cimentación.

Factores de Construcción

Uno de los objetivos primordiales a la hora de contratar mano de obra calificada tanto para la construcción de muros como para la colocación de las fibras, es disminuir la incertidumbre de los resultados provocada por factores como: poca experiencia en el tema, mala manipulación de materiales y de herramientas de trabajo, no respetar las fichas técnicas de los materiales, entre otros.

La construcción del sistema como tal (viga-muro-fundación) fue un trabajo que estuvo a cargo de dos operarios, siempre bajo la supervisión de las

estudiantes encargadas de este proyecto, con el fin de obtener un alto control de calidad y un monitoreo constante. Sin embargo, se consideró conveniente incluir en este informe un resumen de los aspectos de construcción que pudieron haber afectado el comportamiento de alguno de los modelos.

Existen diversos factores que afectan a los muros de manera directa provocando que estos estén limitados a alcanzar una mayor capacidad. Al culminar el ensayo de los especímenes de prueba, se logró apreciar que las grietas siguen ciertos patrones de agrietamiento dentro de los cuales dominan las “gradas” en las sisas del muro, lo cual pudo haberse presentado porque las sisas no cumplían en su totalidad con el espesor esperado de 1cm, lo que conlleva a la formación de grietas de tensión frágil a través del mortero y la unidad de mampostería.

Aunque el control de calidad se realizó de la mejor manera posible, este es un caso que representa una mala colocación de los bloques durante el proceso constructivo.

Otro caso de un mal proceso constructivo y que pudo afectar la capacidad del sistema, se presentó en algunas secciones de las vigas donde se podía observar la segregación del material, aunque se realizó el proceso de envarillado, no se logró una buena compactación y homogeneización de la mezcla. A diferencia de la cimentación que se utilizó un vibrador para evitar este tipo de afectaciones, para la viga se utilizó una varilla de mayor grosor al utilizado como reforzamiento, debido a que el vibrador supera el espaciado entre el acero transversal por lo que el reforzamiento podría verse afectado.

Uno de los aspectos que pudieron afectar a que el muro 3 no alcanzara una mayor capacidad, fue el anclaje realizado en la cimentación, ya que este presentó una grieta considerable. Cuando se realizó la colocación del CFRP, el muro con SikaWrap fue el primero en pasar por este proceso. A la hora de colocar la primera platina, el corte realizado en la fundación fue bastante invasivo (mucho más de lo requerido) y este corte fue el que presentó la grieta. Cabe mencionar que para el CarboDur no hubo afectación en ninguno de los anclajes de las fibras y que para el SikaWrap solo este presentó problemas. La grieta también pudo presentarse porque a la hora de la colocación del mortero para sellar el corte, no se cumplió estrictamente con las condiciones de aplicación del material, ya que la zona debía limpiarse por completo (proceso realizado) y a la vez saturarse el

corte (al ser de alta resistencia necesita mayor cantidad de agua para su adherencia).

Modelación con software de análisis SAP 2000

Como se explica en la sección de metodología, no fue posible realizar el diseño del reforzamiento con fibra de carbono en un software adecuado, debido a las limitaciones presentadas en referencia a la modelación de las muestras del estudio. Por esta razón se realizó el modelo en el software de análisis SAP 2000, mediante la metodología Pushover. Los resultados obtenidos de esta modelación, son presentados en el Cuadro 14 y desde la Figura 78 a 80, estos en comparación con los resultados experimentales presentan una semejanza considerable en cuanto a desplazamiento y carga máxima obtenida, como se muestra en las Figuras 81,82 y 83. Estas figuras presentan la superposición de las graficas de carga contra desplazamiento para cada uno de los muros, en las mismas se aprecia que existe una discrepancia en el comportamiento de los datos, más la tendencia y datos de carga última y desplazamiento máximo son semejantes para ambas metodologías de estudio (experimental y modelación).

Se considera que a pesar de que el software utilizado es de análisis y no especializado en diseño de reforzamiento con base en sistemas de fibra de carbono, permite obtener resultados representativos para el análisis de esta primera experiencia.

Matriz comparativa de desempeño de los especímenes con los diferentes tipos de reforzamiento

Con el fin de obtener una mejor interpretación visual y un mapeo de los resultados obtenidos, se realiza una matriz comparativa de los especímenes de prueba con y sin reforzamiento de fibra de carbono.

En el Cuadro 14 se muestran los resultados experimentales y los obtenidos con la modelación

de los especímenes en el software de cada una de las etapas de estudio, permitiendo obtener una mejor apreciación de la disparidad de los resultados, por lo que se considera este estudio, como una buena experiencia preliminar del reforzamiento de muros de bloques de concreto con fibra de carbono.

Como se muestra en el Cuadro 15, al considerar para cada una de las muestras los factores previamente analizados en esta sección y asignándoles una escala calificativa de 1 a 5; deficiente a óptimo específicamente, se realiza una comparación del desempeño mostrado por cada muro.

De esta comparación se extrae que el muro que mostró un mayor desempeño ante la carga aplicada y un mejor comportamiento ante el agrietamiento es el Muro 2, el cual fue reforzado con la presentación laminada de fibra de carbono CarboDur.

Por lo tanto, se considera que, dentro del estudio realizado, considerando únicamente las presentaciones de fibra y características de las muestras utilizadas, el reforzamiento con FRP idóneo en muros de mampostería es con la presentación de fibra de carbono en laminado.

Conclusiones

- La investigación acerca de las presentaciones de fibra de carbono evidenció que, el mercado nacional ofrece diversas presentaciones, las cuales pueden adaptarse a las condiciones y necesidades que la industria de la construcción requiera.
- El resultado de las pruebas de laboratorio para determinar el cortante y momento de agrietamiento últimos teóricos para cada muestra, de acuerdo a la estimación realizada bajo la metodología del capítulo 9 del CSCR-10 es:

Muestra 1: $V_u = 3837,98 \text{ kg}$
 $M_u = 198288,82 \text{ kg-cm}$
Muestra 2: $V_u = 6122,15 \text{ kg}$
 $M_u = 278341,91 \text{ kg-cm}$
Muestra 3: $V_u = 4808,75 \text{ kg}$
 $M_u = 242404,78 \text{ kg-cm}$
- Como se demuestra en el estudio, no fue posible realizar el modelo de un elemento tipo muro, como las muestras, en el software de diseño 'FRP Design Software', debido a las limitaciones que presenta el software.
- El diseño del reforzamiento con FRP para las dos muestras realizadas, se efectúa bajo la normativa vigente ACI 440.7R-10, al no contar con una normativa a nivel nacional.
- El protocolo de falla propuesto para las muestras simula de forma correcta la aplicación de una carga lateral constante, mediante incrementos de carga cada 4 segundos, midiendo además de la carga aplicada, el desplazamiento lateral mediante dos sensores.
- Como se demuestra en los resultados, mediante la caracterización de los materiales constructivos utilizados, la mayoría de estos presentan un control de calidad efectivo, a excepción del mortero de pega y el concreto de relleno de celdas.
- Se considera que la baja resistencia a la compresión obtenida por la mezcla de mortero de pega influye directamente en la adherencia de las unidades de mampostería, creando planos de falla entre los bloques.
- Tras el análisis del factor de mano de obra utilizada, se considera que no influyó de manera significativa en los resultados obtenidos, más es importante recalcar que dicha mano de obra es calificada y estuvo bajo supervisión profesional.
- Mediante el ensayo de falla se determina el incremento de la resistencia última de los muros, obteniendo el Muro 1 4522,982 kg, el Muro 2 7022,94 kg y el Muro 3 5758,375 kg.
- El incremento de la resistencia del Muro 1 en el ensayo práctico se determina que responde a los factores de mayoración de la carga presentes en la metodología de diseño del CSCR-10.
- Los Muros 2 y 3, los cuales fueron reforzados con FRP, incrementan su resistencia en un 55% y 27% respectivamente, atribuyendo dicho incremento a las propiedades brindadas por la fibra de carbono.
- Los patrones de agrietamiento presentados para el Muro 1 son los típicos resultados obtenidos para muros de corte, sin

embargo, para los casos del Muro 2 y Muro 3, el agrietamiento se ve disminuido por el aumento de capacidad obtenido del CFRP.

- La configuración del CFRP realizada efectivamente es capaz de tomar los esfuerzos de corte y flexión, según los resultados obtenidos del desplazamiento y carga aplicada.
- El anclaje realizado de fibra de carbono a la cimentación se considera efectivo, pues las tres muestras sobrepasaron las cargas teóricas esperadas, sin embargo, se evidenció que el proceso constructivo de esta etapa es de fundamental cuidado, ya que se debe asegurar que el anclaje sea capaz de soportar igual o mayor carga que los muros reforzados.
- Por medio de la matriz comparativa y la sección de Resultados, la muestra que presentó un mejor comportamiento ante los diversos casos de estudio fue el Muro 2 con

el laminado CarboDur.

- Un primer estudio preliminar permitió verificar el efecto del reforzamiento de dos muros de bloques de concreto a escala reducida con fibra de carbono. Este efecto resulta en el incremento de la capacidad de los muros y aumento en la rigidez medida mediante el desplazamiento experimentado.

Recomendaciones

El uso de fibras de carbono para reforzamiento de elementos, específicamente mampostería, es muy poco común a nivel nacional, la presente investigación representa un punto de partida para futuras investigaciones, por lo que a continuación se presentan una serie de recomendaciones para futuros trabajos de investigación con el objetivo de permitir una mayor comprensión del tema desarrollado.

- Realizar un diseño experimental más extenso, que considere tamaño y número de las muestras necesario para que los resultados sean estadísticamente válidos.
 - Estudiar con mayor profundidad los diversos casos de configuraciones posibles por aplicar, pues en esta investigación se siguieron las recomendaciones del ACI 440.7R-10, sin embargo, se podrían obtener resultados favorables al estudiar el comportamiento del CRFP en los distintos planos de falla.
 - Desarrollar una investigación sobre los posibles anclajes por utilizar en las muestras por ensayar.
 - En la presente investigación se realizaron pruebas en muros de corte, sin embargo, se recomienda estudiar el comportamiento del CFRP bajo distintas aplicaciones de carga.
 - Una alternativa para desarrollar trabajos similares es la aplicación del refuerzo en elementos que presenten deficiencias en cortante típico de situaciones constructivas inapropiadas o de edificaciones históricas que por su época de diseño no cumplan con los estándares actuales.
- Estudiar el comportamiento del CFRP como una posible solución de rehabilitación de estructuras.
 - En cuanto a la modelación con el software de análisis, es preciso profundizar la investigación acerca de los parámetros y métodos no lineales para mampostería.

Apéndices

Apéndice 1

Diagrama de sesiones de trabajo práctico

Apéndice 2

Registro fotográfico de fallas

Apéndice 3

Control de calidad de materiales

Apéndice 4

Datos de carga y desplazamiento obtenidos en ensayo de laboratorio para cada muestra

Anexos

Anexo 1

Fichas técnicas de materiales utilizados

Referencias

- ACI Committee 440 & American Concrete Institute. (2008). *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures*. ACI 440.2R-08. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- ACI Committee 440 & American Concrete Institute. (2010). *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded Fiber-Reinforced Polymer Systems for Strengthening Unreinforced Masonry Structures*. ACI 440.7R-10. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- Ardón, E; Dardón, M y Torres, A. (2007). *Tesis de Grado Guía para el control de calidad del diseño estructural y de la construcción de viviendas de una y dos plantas de mampostería de bloque de concreto*. Universidad de El Salvador. Recuperado de: <http://repositoriosidca.csuca.org/Record/RepoUES4509>
- ASTM International. (2017). *ASTM C31 / C31M-18b, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*. ASTM. West Conshohocken, PA.
- ASTM International. (2017). *ASTM C39 / C39M-17, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM. West Conshohocken, PA.
- ASTM International. (2017). *ASTM C109 / C109M-16a, Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*. ASTM. West Conshohocken, PA.
- ASTM International. (2018). *ASTM C140 / C140M-18, Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units*. ASTM. West Conshohocken, PA.
- ASTM International. (2016). *ASTM C192 / C192M-16a, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory*. ASTM. West Conshohocken, PA.
- ASTM International. (2018). *ASTM A370-17a, Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*. ASTM. West Conshohocken, PA.
- ASTM International. (2017). *ASTM C387 / C387M-17, Standard Specification for Packaged, Dry, Combined Materials for Concrete and High Strength Mortar*. ASTM. West Conshohocken, PA.
- ASTM International. (2017). *ASTM C1107 / C1107M-17, Standard Specification for Packaged Dry, Hydraulic-Cement Grout (Nonshrink)*. ASTM. West Conshohocken, PA.
- ASTM International. (2017). *ASTM C1019, Standard Test Method for Sampling and Testing Grout*. ASTM. West Conshohocken, PA.
- Ardón, E. Dardón, M. y Torres, A. (2007). *Guía para el control de calidad de diseño estructural y de la construcción de viviendas de una y dos plantas de mampostería de bloque de concreto*. Tesis de Licenciatura. Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Avilés, G., 2002. "Estudio Experimental sobre el Refuerzo a Cortante de Estructuras de Hormigón Armado mediante Materiales Compuestos", Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Brown, Theodore L., H. Eugene LeMay Jr., Bruce E. Bursten. (1997). *Química, La ciencia central*, 7a edición, Editorial Prentice-Hall, 1997.

- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (Revisión 2014). *Código Sísmico de Costa Rica 2010*. En Capítulo 9. Requisitos para Mampostería estructural. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- El-Dakhkhni WW, H. A. (2006). *Hazard mitigation and strengthening of unreinforced masonry walls using composites*, *Composite Structures*, 73, 458-477.
- Elgawady, M., Lestuzzi, P., & Bardoux, M. (2006). *Aseismic retrofitting of unreinforced masonry walls using FRP*. *Composites Part B: engineering*.
- Fédération Internationale Du Béton (FIB). (2001). *Externally bonded FRP reinforcement for RC structures*. International Federation for Structural Concrete.
- Fernández, L. Marín, F. Varela, L y Vargas, G. (2009). *Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto*. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 13-2, pp.-41-50, ISSN:1665-5932X.
- Gallegos, H., 1993. "Albañilería Estructural. Diseño y Cálculo de Muros", Pontificia Universidad Católica del Perú.
- INTACO. (2017). *ConcreMix 240 Concreto instantáneo de alta resistencia inicial*. Hoja Técnica del Producto
- INTACO. (2016). *CRC Convencional Concreto de relleno de celdas de bloques*. Hoja Técnica del Producto
- INTACO. (2016). *Pegablok Tipo S Mortero para pegar bloques de alta compresión*. Hoja Técnica del Producto.
- Llano Uribe C. (2009). *Fibra de carbono, Presente y futuro de un material revolucionario*. REVISTA METAL ACTUAL. Bogotá. D.C, Colombia. <http://www.metalactual.com/revista/11/materialescarbano.pdf>
- López, J. (2012). *Refuerzo a flexión de vigas de hormigón mediante polímeros reforzados con fibra de carbono*. Tesis para optar por el grado de maestría, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Meli, R. (2002). *Behaviour of Masonry Walls Under Lateral Loads*. Fifth World Conference on Earthquake Engineering. Rome.
- Moral, A y López, M. (2017). *Materiales De Última Generación Y Materiales Eficientes: Materiales Compuestos – Composites*. Universidad de Alcalá. Madrid, España. Recuperado de: https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-200637/TAB42359/Introducci%F3n%20Composites%20%28Alberto%20Moral%20%2B%20Marar%20Nogueira%29.pdf
- Navarro, H. (s.f.). *Reforzamiento de estructuras usando fibras de carbono*. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción.
- Navas, A. y Cordero, M. (2013). *Comportamiento en cortante de muros de mampostería con el refuerzo embebido en concreto colocado en las sisas de los bloques*. *Revista de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica*, 23 (1), p. 19.
- Ojeda, M. (2011). *Tecnología de los plásticos*. Consulta: 5 de Agosto, 2018. <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.pe/2011/11/fibra-de-carbono.html>
- Rosero L. "Reforzamiento de estructuras de hormigón armado con FRP. Aplicación al caso de refuerzo de una losa y columnas de un salón de audiovisuales y un auditorio" Tesis de Grado de Ingeniería Civil, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador. 2013
- Rougier, I. V. (2007). *Refuerzo de muro de Mampostería con materiales compuestos*. Instituto De Estructuras. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, San Miguel de Tumán.
- Santa María, H., & Alcaíno, P. (2008). *Resistencia al corte de muros de albañilería reforzados exteriormente con fibras*. Paper presented at the XXXIII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. Santiago, Chile.
- Santa María, H., & Alcaíno, P. (2011). *Repair of in-plane shear damaged masonry walls with external FRP*. *Construction and Building Materials*.

Santa Maria, H., Alcaino, P., & Luders, C. (2006). *EXPERIMENTAL RESPONSE OF MASONRY WALLS EXTERNALLY REINFORCED*. Paper No. 1402. 8th. U.S. National Conference on Earthquake Engineering. San Francisco, California, USA.

Schwegler, G. (1995). *Masonry Construction Strengthened with Fiber Composites in Seismically Endangered Zones*. Paper presented at the Tenth European Conference on Earthquake Engineering, Rotterdam, Netherlands.

Shrive, N.G. 2006. *The use of fibre reinforced polymers to improve seismic resistance of masonry*. *Construction and Building Materials* 20(4): 269–277. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/journal/construction-and-building-materials>

SIKA. (Edición 2013). *Manual de Productos SIKA*.

SIKA. (s.f.). *Refuerzo Estructural Con Sistemas a base de Fibra de Carbono*. España.

SIKA Colombia S.A. (2015). *Sika CarboDur. Platinas De Fibra De Carbono Para Refuerzo Estructural*. Hoja Técnica De Producto, 01(1), 5.

SIKA Colombia S.A. (2015). *Sikadur-30. Adhesivo Para Pegado De Refuerzo*. Hoja Técnica De Producto, 01(1), 4.

SIKA Colombia S.A. (2015). *Sikadur-301. Resina De Impregnación De Alto Módulo Y Alta Resistencia*. Hoja Técnica De Producto, 01(1), 3.

SIKA Colombia S.A. (2015). *SikaWrap 600 C. Tejido De Fibra De Carbono Para Reforzamiento Estructural. (Equivalente Al Sikawrap-103c)*. Hoja Técnica De Producto, 01(1), 2.

SIKA Mexicana S.A. (2015). *SikaGrout Constructor*. Hoja Técnica De Producto.

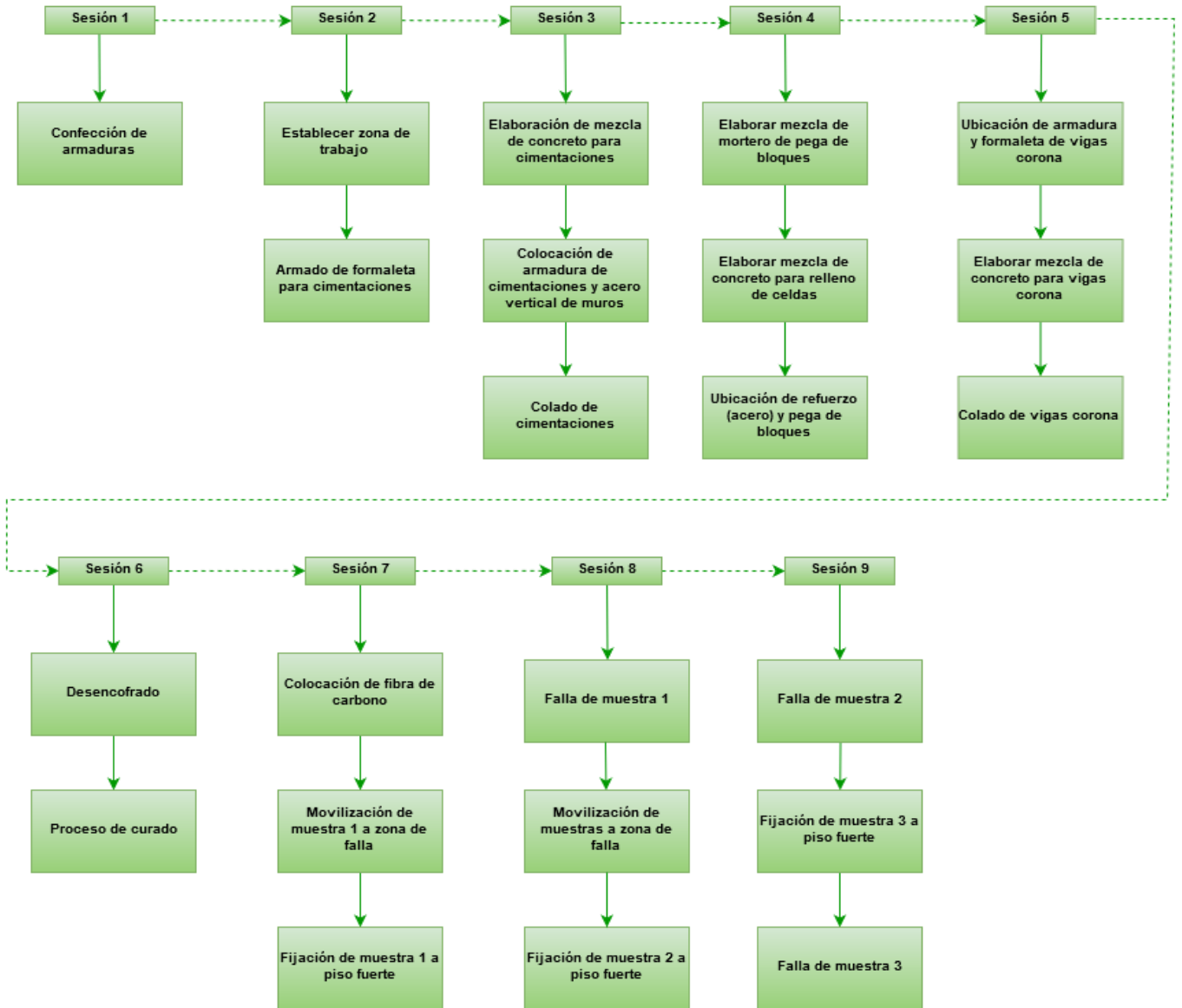
Valluzzi, M., Tinazzi, D., & Modena, C. (2002). *Shear behavior of masonry panels strengthened by FRP laminates*. *Construction and Building Materials*.

Vega, C. J. (2015). *Comportamiento dinámico de muros de mampostería no estructural reforzados mediante polímeros reforzados con fibra de carbono, CFRP*. Informe proyecto final de graduación. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C. 147 p.

Zoltek (2017). *How it is made?. Toray Group Carbon Fiber*. Consulta: 11 de Agosto, 2018. <http://zoltek.com/carbonfiber/how-is-it-made/>

Apéndice 1

Diagrama de actividades



Apéndice 2



Figura 84. Falla de muestra Muro 1.



Figura 85. Falla de muestra Muro 2.



Figura 86. Falla de muestra Muro 3.

Apéndice 3

Caracterización de materiales

Con el fin de determinar la resistencia real de los materiales y generar el contraste entre las estimaciones teóricas y las experimentales, se propone realizar pruebas de laboratorio de acuerdo con las normas ASTM, a los materiales que conforman los elementos (cimentación, paño de mampostería y viga corona) de los muros. Los materiales son los siguientes: concreto premezclado (Concremix), bloques de mampostería, mortero para pega de bloques (Pega Block Tipo N), y concreto de relleno de celdas (CRC - convencional). Además de contar con los datos reales de la resistencia de los materiales estos procedimientos se contemplan como parte del control de calidad necesario para la validación de la etapa práctica - experimental del proyecto junto con las especificaciones brindadas por los fabricantes.

Como se menciona anteriormente, se contempla como guía las distintas normas ASTM aplicables a los ensayos por realizar, ya que estas son la guía de la normativa nacional INTECO.

Se considera como primera parte de este proceso de control de calidad y corroboración de resistencia de los materiales, la revisión de fichas técnica de estos, las cuales fueron brindadas por los fabricantes.

La toma de muestras de materiales se realiza en obra durante la construcción de las muetsras, por lo que las distintas fallas de muestras coinciden con las sesiones de falla de los muros, ya que se contempla determinar la resistencia a 28 días aproximadamente.

Los ensayos propuestos para la caracterización se describen a continuación:

Concreto Estructural

Para determinar la resistencia a compresión del concreto estructural se contemplan los ensayos bajo las normas ASTM C192 Elaboración y curado de especímenes cilíndricos de concreto y ASTM C39: Método de prueba estándar para Resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de hormigón.

Procedimiento

- Determinar cantidad de muestras a realizar
- Determinar dimensiones del molde de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado, en este caso se utilizarían los cilindro de 15 x 30 cm
- Elaborar muestras con mezcla de concreto tomado de campo de acuerdo al proedimiento de la norma ASTM C31, el cual consiste en rellenar con una cuchar el molde cilíndrico en capas las cuales se determinan de acuerdo a la especificacion de la norma, en este caso corresponde realizar el llenado en 3 capas. Entre el llenado de cada capa se deberá realizar el proceso de envarillado para el acomodo del concreto, este consta de 25 golpes con las varillas de forma vertical y alrededor de todo el perimetro del molde, en el caso de la seunda y tercera capa, se deberá contemplar el incertar la varilla hasta aproximadamente la mitad de la primera capa. Posteriormente al vibrado o varillado de cada capa se debera golpear el exterior del molde con un maso de goma, de acuerdo a la especificacion de la norma, con el fin de cerrar los espacios vacios generados por el proceso de varillado.
- Nivelar la cara superior del cilindro
- Llevar al cuarto humedo por al menos 48h
- Desmoldar despues de 48h y proseguir con el proceso de curado hasta las edades requeridas
- Realizar aplicación de carga axial de acuerdo a velocidad establecida, en el rango preescrito hasta que ocurra la falla



Figura 87. Toma de muestras (cilindros) de concreto estructural

Equipo

- Moldes de especímenes cilíndricos
- Cuchara
- Varilla/ Vibrador
- Espátula/Llaneta
- Mazo de goma
- Cuarto húmedo
- Instrumentos de medición (Vernier)
- Máquina de ensayo (aplicación de carga)

Alcance de ensayo para proyecto

Se contempla realizar un total de 3 cilindros, para determinar resistencia a edad de 28 días.



Figura 88. Falla de muestras (cilindros) de concreto estructural

Mortero para pega de bloques y anclajes

Para determinar resistencia a la compresión de mezcla de mortero con cemento hidráulico, utilizando especímenes cúbicos de 50mm contemplan los ensayos bajo la norma ASTM C109: Método de prueba estándar para Resistencia a la compresión de los morteros de cemento hidráulico (utilizando muestras de cubos de 2 pulg o [50 mm]).

Procedimiento

- Determinar relación agua/cemento
- Determinar cantidad de muestras a realizar (3 muestras para cada edad por determinar)
- Armado de moldes cúbicos
- Aplicar desmoldante a los moldes cúbicos

- Realizar o tomar mezcla para muestras
- Llenar moldes en dos capas, realizando a cada capa el procedimiento de compactación, el cual consiste en realizar 32 golpes en 4 rondas, cada ronda debe realizarse en ángulos rectos, es decir cada ronda consta de 8 golpes, rotando el apisonador 90 grados.
- Nivelar la cara superior del cubo
- Realizar curado en cuarto húmedo por un día
- Desmoldar
- Realizar proceso de curado en cuarto húmedo hasta edad de falla
- Realizar aplicación de carga de acuerdo a velocidad establecida, esto debe ser en una de las caras que tenían contacto con el molde; para asegurar una superficie plana.



Figura 89. Elaboración de muestras (cubos) de mortero



Figura 90. Muestras de mortero de pega

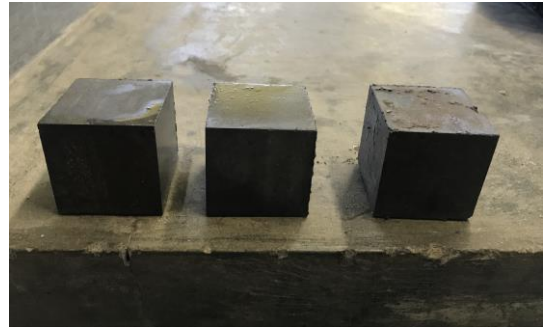


Figura 91. Muestras de mortero de anclaje

Equipo

- Moldes de especímenes cúbicos
- Apisonador de material no absorbente, sección transversal aproximada de 13x25mm
- Espátula
- Instrumentos de medición (Vernier)
- Cuarto Húmedo
- Máquina de ensayo (aplicación de carga)



Figura 92. Falla de muestras de mortero de pega



Figura 93. Falla de muestras de mortero de anclaje

Alcance de ensayo para proyecto

Se contempla realizar 3 cubos para cada mezcla de mortero, para determinar resistencia a la compresión a 28 días al mortero de pega y a las 24 horas al mortero para el anclaje.

Concreto de relleno para mampostería

Mediante el ensayo bajo la norma - ASTM C1019: Ensayo de compresión de concreto para relleno de celdas de mampostería, se plantea determinar la resistencia a la compresión del concreto utilizado en el relleno de celdas de los bloques de mampostería.

Procedimiento

- Elaboración de especímenes, los cuales consisten en prismas con sección cuadrada de lado mayor que 75mm y altura de 2 veces el ancho. Para generar el molde se coloca la configuración de bloques y una placa no absorbente para el fondo.
- Se realiza el procedimiento de llenado de molde y envarillado de acuerdo a lo establecido por la normativa, de ser requerido se precisa tomar y controlar la temperatura.

- Realizar el proceso de curado en cuarto húmedo por 48 horas
- Desmoldar y proseguir con el proceso de curado hasta la edad de falla
- Se deberán tomar medidas de las dimensiones de los prismas una vez ingresados al proceso de curado
- Realizar aplicación de carga de acuerdo a especificaciones para ensayo de cilindros de concreto tomados en obra.

Equipo

- Bloques de mampostería
- Papel no absorbente
- Placa plana no absorbente
- Cuchara
- Varilla/Vibrador
- Espátula
- Cuarto Húmedo
- Instrumentos de medición (Vernier)
- Máquina de ensayo (aplicación de carga)



Figura 94. Elaboración de muestras (prismas) de concreto de relleno



Figura 95. Colado de muestras (prismas) de concreto de relleno

Alcance de ensayo para proyecto

Se contempla realizar 2 prismas, para determinar resistencia a la compresión a 28 días.



Figura 96. Falla de muestras (prismas) de concreto de relleno

Bloque de mampostería

La preparación de las muestras y el ensayo para determinar la resistencia a la compresión de bloques de mampostería se basa en la norma ASTM C140: Método de prueba estándar para el muestreo y la prueba de unidades de concreto de mampostería y unidades relacionadas.

Procedimiento

- Una vez recibidos los bloques se debe registrar la fecha de elaboración.
- Las muestras seleccionadas para el ensayo deben ser pesadas y marcadas.

- Se deben cerrar los espacios de las celdas para proveer una cara continua y nivelada.
- Se deben tomar las dimensiones de las muestras; longitud, altura, ancho y espesores.
- Se debe verificar que se cuenta con las muestras en estado seco.
- Se debe colocar el bloque junto con las placas metálicas de forma que el vástago haga contacto directo con el bloque, alineando los cabezales con las superficies del bloque,
- Realizar aplicación de carga de acuerdo a especificaciones para ensayo de muestras de bloques de mampostería.



Figura 97. Sellado de celdas de bloques de mampostería



Figura 98. Muestra de bloque de mampostería

Equipo

- Bloques de mampostería
- Cal – Cemento

- Tamizador
- Llaneta
- Instrumentos de medición (Vernier)
- Balanza electrónica
- Elementos (Placas) para aplicación de carga
- Máquina de ensayo (aplicación de carga)



Figura 99. Falla de muestra de bloque de mampostería

Alcance de ensayo para proyecto

Se contempla realizar el ensayo a un total de 3 bloques, para determinar la resistencia a la compresión.

Acero

El ensayo por realizar a las varillas utilizadas como acero de refuerzo, se basa en la norma ASTM A370: Métodos de prueba estándar y Definiciones de Pruebas Mecánicas de productos de acero, en la cual se especifica entre otros, el procedimiento para el ensayo de tracción. Esta norma indica los métodos bajo los cuales se puede determinar las propiedades mecánicas del acero, acero inoxidable, aleaciones y productos relacionados para la evaluación de la conformidad de los productos bajo la jurisdicción del Comité ASTMA01.

Procedimiento

- Se determinan las características iniciales de las probetas (masa, longitud, diámetro).
- Se coloca en las mordazas de la máquina de ensayo y se procede a realizar el ensayo de tensión.
- Se aplica una carga axial constante y se registra el esfuerzo de fluencia y el esfuerzo máximo.

Equipo

- Probetas de varilla #3 corrugada
- Probetas de varilla #2 corrugada
- Balanza electrónica
- Instrumentos de medición (Vernier)
- Mordazas
- Máquina de ensayo (aplicación de carga)

Alcance de ensayo

Se contempla realizar el ensayo a un total de 3 probetas de varilla #2 y 3 probetas de varilla #3, para determinar el esfuerzo máximo o de rotura y el esfuerzo de fluencia.

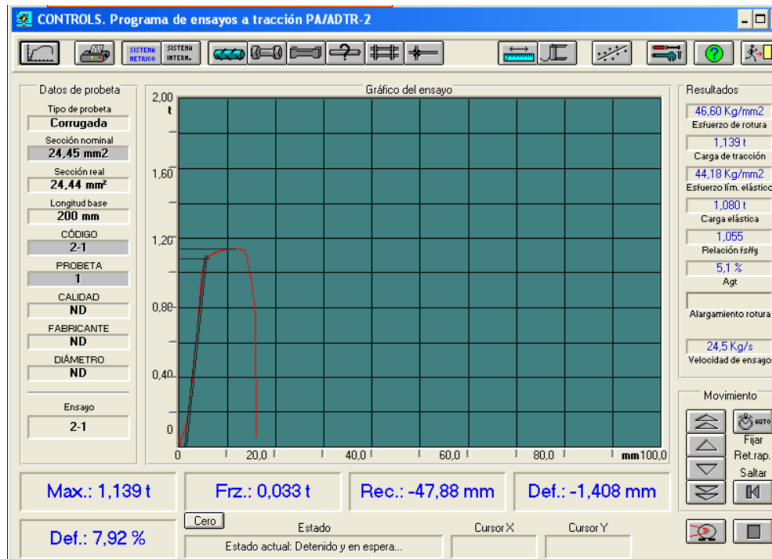


Figura 100. Gráfico de falla de muestra de varilla #2

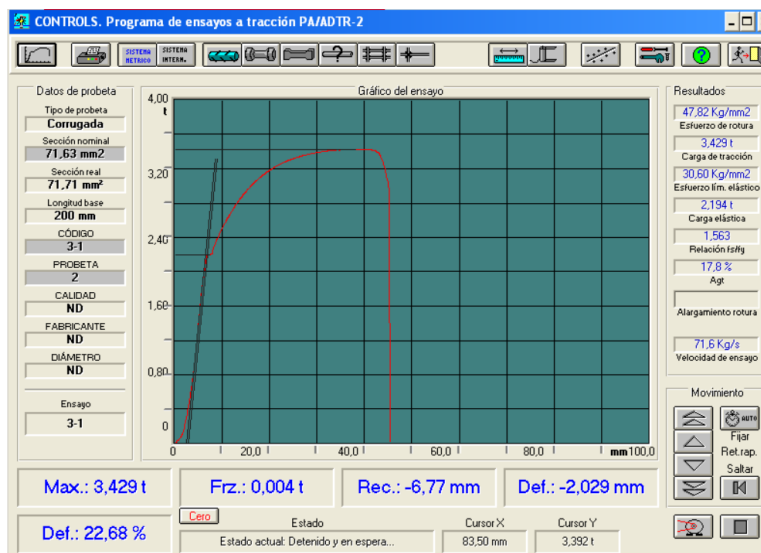


Figura 101. Gráfico de falla de muestra de varilla #3

Apéndice 4

MURO 1				
TIEMPO	Carga [kg]	Desplaz. 1 [mm]	Desplaz. 2 [mm]	Desplaz. Prom [mm]
12/09/2018 14:25	0,00113474	0	0	0
12/09/2018 14:25	3,366633	0	0,001	0,0005
12/09/2018 14:25	0,00113474	0	0,001	0,0005
12/09/2018 14:25	3,362671	0	0,001	0,0005
12/09/2018 14:25	6,728113	0	0,001	0,0005
12/09/2018 14:25	6,728113	0	0,001	0,0005
12/09/2018 14:26	3,362671	0	0,001	0,0005
12/09/2018 14:26	10,09356	0	0,001	0,0005
12/09/2018 14:26	6,728113	0	0,002	0,001
12/09/2018 14:26	10,09356	0	0,002	0,001
12/09/2018 14:26	10,09356	0	0,003	0,0015
12/09/2018 14:26	10,09356	0	0,003	0,0015
12/09/2018 14:26	10,09356	0	0,002	0,001
12/09/2018 14:26	10,09356	0	0,002	0,001
12/09/2018 14:26	20,18984	0	0,003	0,0015
12/09/2018 14:26	30,28617	0	0,004	0,002
12/09/2018 14:26	43,74794	0	0,006	0,003
12/09/2018 14:26	60,57512	0	0,008	0,004
12/09/2018 14:26	80,76777	0,001	0,01	0,0055
12/09/2018 14:26	121,153	0,004	0,024	0,014
12/09/2018 14:26	168,2692	0,01	0,029	0,0195
12/09/2018 14:27	215,3802	0,016	0,037	0,0265
12/09/2018 14:27	272,5921	0,024	0,045	0,0345
12/09/2018 14:27	326,4386	0,034	0,055	0,0445
12/09/2018 14:27	383,6505	0,044	0,065	0,0545
12/09/2018 14:27	440,8624	0,055	0,08	0,0675
12/09/2018 14:27	498,0742	0,081	0,099	0,09
12/09/2018 14:27	562,017	0,12	0,119	0,1195
12/09/2018 14:27	622,5942	0,182	0,14	0,161
12/09/2018 14:27	679,8061	0,243	0,162	0,2025
12/09/2018 14:27	737,018	0,303	0,184	0,2435
12/09/2018 14:27	794,2299	0,362	0,21	0,286
12/09/2018 14:27	851,4417	0,42	0,239	0,3295
12/09/2018 14:27	905,2882	0,477	0,271	0,374
12/09/2018 14:27	952,4039	0,536	0,307	0,4215
12/09/2018 14:27	955,7693	0,616	0,778	0,697
12/09/2018 14:28	1012,981	0,685	0,801	0,743
12/09/2018 14:28	1002,885	0,772	0,921	0,8465
12/09/2018 14:28	1060,097	0,84	0,948	0,894
12/09/2018 14:28	1043,26	0,927	1,077	1,002
12/09/2018 14:28	1100,471	0,996	1,106	1,051
12/09/2018 14:28	1073,548	1,084	1,23	1,157
12/09/2018 14:28	1127,394	1,153	1,262	1,2075
12/09/2018 14:28	1093,74	1,255	1,387	1,321

12/09/2018 14:28	1154,317	1,325	1,422	1,3735
12/09/2018 14:28	1117,298	1,432	1,546	1,489
12/09/2018 14:28	1177,875	1,505	1,581	1,543
12/09/2018 14:28	1140,856	1,586	1,709	1,6475
12/09/2018 14:28	1201,433	1,676	1,744	1,71
12/09/2018 14:28	1161,048	1,738	1,874	1,806
12/09/2018 14:28	1224,99	1,844	1,909	1,8765
12/09/2018 14:29	1198,067	1,907	2,051	1,979
12/09/2018 14:29	1198,067	2,027	2,096	2,0615
12/09/2018 14:29	1305,76	2,161	2,244	2,2025
12/09/2018 14:29	1336,048	2,302	2,392	2,347
12/09/2018 14:29	1292,298	2,454	2,537	2,4955
12/09/2018 14:29	1359,605	2,606	2,679	2,6425
12/09/2018 14:29	1440,365	2,747	2,848	2,7975
12/09/2018 14:29	1497,576	2,898	2,917	2,9075
12/09/2018 14:29	1561,518	3,046	2,982	3,014
12/09/2018 14:29	1608,633	3,186	3,058	3,122
12/09/2018 14:29	1649,017	3,326	3,177	3,2515
12/09/2018 14:29	1692,767	3,462	3,283	3,3725
12/09/2018 14:29	1733,151	3,598	3,437	3,5175
12/09/2018 14:29	1770,17	3,734	3,537	3,6355
12/09/2018 14:29	1797,093	3,869	3,664	3,7665
12/09/2018 14:30	1817,285	4,002	3,802	3,902
12/09/2018 14:30	1857,67	4,143	3,931	4,037
12/09/2018 14:30	1891,323	4,28	4,023	4,1515
12/09/2018 14:30	1928,342	4,416	4,147	4,2815
12/09/2018 14:30	1958,63	4,537	4,261	4,399
12/09/2018 14:30	1999,015	4,663	4,379	4,521
12/09/2018 14:30	2025,938	4,793	4,501	4,647
12/09/2018 14:30	2066,322	4,92	4,612	4,766
12/09/2018 14:30	2096,61	5,044	4,73	4,887
12/09/2018 14:30	2123,523	5,169	4,856	5,0125
12/09/2018 14:30	2153,811	5,293	4,98	5,1365
12/09/2018 14:30	2180,734	5,416	5,101	5,2585
12/09/2018 14:30	2217,752	5,536	5,231	5,3835
12/09/2018 14:30	2248,041	5,655	5,357	5,506
12/09/2018 14:30	2268,233	5,773	5,499	5,636
12/09/2018 14:31	2295,155	5,891	5,577	5,734
12/09/2018 14:31	2315,347	6,014	5,778	5,896
12/09/2018 14:31	2342,27	6,132	5,833	5,9825
12/09/2018 14:31	2369,193	6,252	5,98	6,116
12/09/2018 14:31	2399,481	6,375	6,056	6,2155
12/09/2018 14:31	2419,673	6,498	6,25	6,374
12/09/2018 14:31	2443,231	6,626	6,307	6,4665
12/09/2018 14:31	2466,788	6,754	6,4	6,577
12/09/2018 14:31	2493,711	6,88	6,489	6,6845
12/09/2018 14:31	2517,268	7,008	6,607	6,8075
12/09/2018 14:31	2540,826	7,135	6,689	6,912
12/09/2018 14:31	2561,018	7,259	6,789	7,024

12/09/2018 14:31	2581,24	7,375	6,896	7,1355
12/09/2018 14:31	2601,432	7,488	7,002	7,245
12/09/2018 14:31	2621,625	7,597	7,107	7,352
12/09/2018 14:32	2645,182	7,705	7,211	7,458
12/09/2018 14:32	2665,374	7,81	7,315	7,5625
12/09/2018 14:32	2685,567	7,915	7,423	7,669
12/09/2018 14:32	2705,759	8,02	7,659	7,8395
12/09/2018 14:32	2729,317	8,12	7,712	7,916
12/09/2018 14:32	2752,875	8,22	7,785	8,0025
12/09/2018 14:32	2773,067	8,31	7,873	8,0915
12/09/2018 14:32	2796,624	8,41	7,963	8,1865
12/09/2018 14:32	2813,451	8,5	8,05	8,275
12/09/2018 14:32	2837,009	8,59	8,14	8,365
12/09/2018 14:32	2853,836	8,68	8,23	8,455
12/09/2018 14:32	2870,663	8,77	8,33	8,55
12/09/2018 14:32	2894,22	8,86	8,68	8,77
12/09/2018 14:32	2914,413	8,95	8,72	8,835
12/09/2018 14:32	2934,605	9,04	8,77	8,905
12/09/2018 14:33	2954,781	9,13	8,83	8,98
12/09/2018 14:33	2978,338	9,22	8,9	9,06
12/09/2018 14:33	2995,165	9,31	8,98	9,145
12/09/2018 14:33	3015,357	9,39	9,06	9,225
12/09/2018 14:33	3035,549	9,48	9,14	9,31
12/09/2018 14:33	3052,376	9,57	9,22	9,395
12/09/2018 14:33	3072,568	9,65	9,3	9,475
12/09/2018 14:33	3089,395	9,73	9,38	9,555
12/09/2018 14:33	3109,587	9,81	9,46	9,635
12/09/2018 14:33	2978,338	9,89	9,61	9,75
12/09/2018 14:33	3022,088	10,12	10,07	10,095
12/09/2018 14:33	3069,203	10,2	10,11	10,155
12/09/2018 14:33	3109,587	10,28	10,15	10,215
12/09/2018 14:33	3136,51	10,35	10,21	10,28
12/09/2018 14:33	3163,433	10,43	10,25	10,34
12/09/2018 14:34	3180,26	10,5	10,29	10,395
12/09/2018 14:34	3200,452	10,58	10,34	10,46
12/09/2018 14:34	3217,279	10,66	10,4	10,53
12/09/2018 14:34	3237,458	10,73	10,46	10,595
12/09/2018 14:34	3257,649	10,8	10,52	10,66
12/09/2018 14:34	3271,111	10,88	10,58	10,73
12/09/2018 14:34	3284,572	10,95	10,65	10,8
12/09/2018 14:34	3291,303	11,02	10,71	10,865
12/09/2018 14:34	3298,034	11,1	10,78	10,94
12/09/2018 14:34	3311,495	11,17	10,85	11,01
12/09/2018 14:34	3331,687	11,24	10,91	11,075
12/09/2018 14:34	3341,783	11,31	10,98	11,145
12/09/2018 14:34	3355,245	11,38	11,04	11,21
12/09/2018 14:34	3365,341	11,45	11,11	11,28
12/09/2018 14:34	3382,167	11,51	11,17	11,34
12/09/2018 14:35	3402,36	11,58	11,24	11,41

12/09/2018 14:35	3415,821	11,65	11,31	11,48
12/09/2018 14:35	3422,552	11,71	11,37	11,54
12/09/2018 14:35	3436,013	11,78	11,43	11,605
12/09/2018 14:35	3446,109	11,84	11,5	11,67
12/09/2018 14:35	3459,571	11,9	11,56	11,73
12/09/2018 14:35	3473,021	11,97	11,63	11,8
12/09/2018 14:35	3486,482	12,03	11,69	11,86
12/09/2018 14:35	3493,213	12,1	11,75	11,925
12/09/2018 14:35	3503,308	12,16	11,84	12
12/09/2018 14:35	3513,405	12,22	11,95	12,085
12/09/2018 14:35	3520,135	12,29	12	12,145
12/09/2018 14:35	3526,866	12,35	12,05	12,2
12/09/2018 14:35	3536,962	12,41	12,11	12,26
12/09/2018 14:35	3543,693	12,48	12,16	12,32
12/09/2018 14:36	3392,252	12,54	12,42	12,48
12/09/2018 14:36	3419,175	12,65	12,47	12,56
12/09/2018 14:36	3446,098	12,71	12,54	12,625
12/09/2018 14:36	3476,386	12,77	12,58	12,675
12/09/2018 14:36	3499,943	12,83	12,62	12,725
12/09/2018 14:36	3526,866	12,89	12,67	12,78
12/09/2018 14:36	3540,327	12,95	12,71	12,83
12/09/2018 14:36	3557,154	13,01	12,75	12,88
12/09/2018 14:36	3577,346	13,07	12,8	12,935
12/09/2018 14:36	3587,486	13,13	12,85	12,99
12/09/2018 14:36	3600,947	13,18	12,91	13,045
12/09/2018 14:36	3611,043	13,24	12,96	13,1
12/09/2018 14:36	3621,139	13,3	13,01	13,155
12/09/2018 14:36	3634,601	13,36	13,06	13,21
12/09/2018 14:36	3644,697	13,42	13,11	13,265
12/09/2018 14:37	3648,063	13,48	13,16	13,32
12/09/2018 14:37	3654,793	13,53	13,22	13,375
12/09/2018 14:37	3661,524	13,59	13,26	13,425
12/09/2018 14:37	3671,62	13,65	13,31	13,48
12/09/2018 14:37	3678,351	13,71	13,36	13,535
12/09/2018 14:37	3688,447	13,77	13,41	13,59
12/09/2018 14:37	3698,543	13,82	13,46	13,64
12/09/2018 14:37	3701,909	13,88	13,51	13,695
12/09/2018 14:37	3712,005	13,93	13,55	13,74
12/09/2018 14:37	3722,101	13,99	13,6	13,795
12/09/2018 14:37	3728,832	14,04	13,64	13,84
12/09/2018 14:37	3728,832	14,1	13,69	13,895
12/09/2018 14:37	3742,329	14,15	13,73	13,94
12/09/2018 14:37	3749,06	14,21	13,78	13,995
12/09/2018 14:37	3755,791	14,26	13,82	14,04
12/09/2018 14:38	3762,522	14,32	13,87	14,095
12/09/2018 14:38	3769,252	14,39	13,91	14,15
12/09/2018 14:38	3775,984	14,45	13,96	14,205
12/09/2018 14:38	3782,714	14,51	14	14,255
12/09/2018 14:38	3786,08	14,57	14,05	14,31

12/09/2018 14:38	3796,176	14,63	14,09	14,36
12/09/2018 14:38	3802,907	14,69	14,13	14,41
12/09/2018 14:38	3806,272	14,74	14,18	14,46
12/09/2018 14:38	3809,637	14,8	14,22	14,51
12/09/2018 14:38	3819,734	14,85	14,27	14,56
12/09/2018 14:38	3823,099	14,89	14,31	14,6
12/09/2018 14:38	3833,195	14,94	14,36	14,65
12/09/2018 14:38	3833,195	14,99	14,4	14,695
12/09/2018 14:38	3843,292	15,04	14,44	14,74
12/09/2018 14:38	3846,657	15,09	14,49	14,79
12/09/2018 14:39	3856,727	15,13	14,53	14,83
12/09/2018 14:39	3860,093	15,18	14,57	14,875
12/09/2018 14:39	3863,458	15,22	14,62	14,92
12/09/2018 14:39	3863,458	15,27	14,66	14,965
12/09/2018 14:39	3839,901	15,32	14,71	15,015
12/09/2018 14:39	3836,535	15,37	14,76	15,065
12/09/2018 14:39	3836,535	15,42	14,81	15,115
12/09/2018 14:39	3839,901	15,46	14,86	15,16
12/09/2018 14:39	3846,631	15,51	14,91	15,21
12/09/2018 14:39	3849,997	15,56	14,96	15,26
12/09/2018 14:39	3853,362	15,6	15	15,3
12/09/2018 14:39	3856,727	15,65	15,05	15,35
12/09/2018 14:39	3856,727	15,69	15,09	15,39
12/09/2018 14:39	3863,458	15,73	15,13	15,43
12/09/2018 14:39	3866,823	15,78	15,18	15,48
12/09/2018 14:40	3873,554	15,82	15,22	15,52
12/09/2018 14:40	3876,92	15,86	15,26	15,56
12/09/2018 14:40	3880,285	15,91	15,31	15,61
12/09/2018 14:40	3890,332	15,95	15,35	15,65
12/09/2018 14:40	3873,505	15,99	15,39	15,69
12/09/2018 14:40	3833,121	16,04	15,45	15,745
12/09/2018 14:40	3819,66	16,1	15,52	15,81
12/09/2018 14:40	3849,948	16,18	15,87	16,025
12/09/2018 14:40	3870,14	16,27	15,92	16,095
12/09/2018 14:40	3890,332	16,36	15,97	16,165
12/09/2018 14:40	3917,255	16,44	16,04	16,24
12/09/2018 14:40	3937,447	16,55	16,13	16,34
12/09/2018 14:40	3961,004	16,66	16,25	16,455
12/09/2018 14:40	3977,831	16,78	16,37	16,575
12/09/2018 14:40	3994,657	16,9	16,5	16,7
12/09/2018 14:41	3998,023	17,03	16,63	16,83
12/09/2018 14:41	3998,023	17,15	16,75	16,95
12/09/2018 14:41	3998,023	17,27	16,89	17,08
12/09/2018 14:41	4004,754	17,39	17,02	17,205
12/09/2018 14:41	4011,484	17,51	17,16	17,335
12/09/2018 14:41	4014,85	17,64	17,29	17,465
12/09/2018 14:41	4024,97	17,76	17,42	17,59
12/09/2018 14:41	4031,7	17,88	17,55	17,715
12/09/2018 14:41	4045,162	18	17,68	17,84

12/09/2018 14:41	4051,893	18,11	17,8	17,955
12/09/2018 14:41	3961,028	18,39	18,53	18,46
12/09/2018 14:41	4011,508	18,51	18,61	18,56
12/09/2018 14:41	4055,258	18,62	18,68	18,65
12/09/2018 14:41	4075,45	18,73	18,76	18,745
12/09/2018 14:41	4092,277	18,84	18,84	18,84
12/09/2018 14:42	4102,373	18,95	18,92	18,935
12/09/2018 14:42	4109,104	19,07	19	19,035
12/09/2018 14:42	4122,565	19,18	19,08	19,13
12/09/2018 14:42	4132,662	19,29	19,16	19,225
12/09/2018 14:42	4139,392	19,4	19,25	19,325
12/09/2018 14:42	4152,854	19,51	19,34	19,425
12/09/2018 14:42	4159,584	19,62	19,43	19,525
12/09/2018 14:42	4099,008	19,73	19,53	19,63
12/09/2018 14:42	4092,277	19,86	19,65	19,755
12/09/2018 14:42	4109,127	19,97	19,75	19,86
12/09/2018 14:42	4132,686	20,08	19,85	19,965
12/09/2018 14:42	4149,512	20,19	19,95	20,07
12/09/2018 14:42	4159,608	20,29	20,05	20,17
12/09/2018 14:42	4183,167	20,4	20,15	20,275
12/09/2018 14:42	4199,993	20,51	20,25	20,38
12/09/2018 14:43	4210,089	20,61	20,35	20,48
12/09/2018 14:43	4226,916	20,71	20,45	20,58
12/09/2018 14:43	4237,013	20,82	20,55	20,685
12/09/2018 14:43	4243,743	20,92	20,65	20,785
12/09/2018 14:43	4253,839	21,03	20,75	20,89
12/09/2018 14:43	4260,57	21,13	20,85	20,99
12/09/2018 14:43	4267,301	21,23	20,95	21,09
12/09/2018 14:43	4274,032	21,33	21,06	21,195
12/09/2018 14:43	4280,762	21,44	21,17	21,305
12/09/2018 14:43	4287,493	21,54	21,27	21,405
12/09/2018 14:43	4300,955	21,68	21,46	21,57
12/09/2018 14:43	4304,32	21,82	21,73	21,775
12/09/2018 14:43	4314,378	21,95	21,79	21,87
12/09/2018 14:43	4317,744	22,07	21,85	21,96
12/09/2018 14:43	4321,109	22,18	21,91	22,045
12/09/2018 14:44	4324,475	22,31	21,99	22,15
12/09/2018 14:44	4331,205	22,41	22,07	22,24
12/09/2018 14:44	4334,571	22,51	22,16	22,335
12/09/2018 14:44	4344,667	22,61	22,25	22,43
12/09/2018 14:44	4344,667	22,71	22,34	22,525
12/09/2018 14:44	4358,128	22,8	22,44	22,62
12/09/2018 14:44	4361,493	22,9	22,53	22,715
12/09/2018 14:44	4368,224	23	22,64	22,82
12/09/2018 14:44	4371,589	23,14	23,02	23,08
12/09/2018 14:44	4374,955	23,25	23,13	23,19
12/09/2018 14:44	4385,051	23,35	23,21	23,28
12/09/2018 14:44	4391,782	23,45	23,28	23,365
12/09/2018 14:44	4401,878	23,55	23,35	23,45

12/09/2018 14:44	4401,878	23,64	23,46	23,55
12/09/2018 14:44	4415,339	23,73	23,57	23,65
12/09/2018 14:45	4422,042	23,83	23,66	23,745
12/09/2018 14:45	4428,772	23,92	23,76	23,84
12/09/2018 14:45	4428,772	24,01	23,87	23,94
12/09/2018 14:45	4435,503	24,1	23,97	24,035
12/09/2018 14:45	4445,6	24,18	24,06	24,12
12/09/2018 14:45	4452,33	24,26	24,16	24,21
12/09/2018 14:45	4455,696	24,34	24,25	24,295
12/09/2018 14:45	4462,426	24,43	24,35	24,39
12/09/2018 14:45	4469,157	24,52	24,45	24,485
12/09/2018 14:45	4472,522	24,6	24,55	24,575
12/09/2018 14:45	4479,253	24,69	24,65	24,67
12/09/2018 14:45	4485,984	24,79	24,75	24,77
12/09/2018 14:45	4492,714	24,88	24,85	24,865
12/09/2018 14:45	4499,445	24,98	24,95	24,965
12/09/2018 14:45	4502,81	25,07	25,04	25,055
12/09/2018 14:46	4506,176	25,16	25,13	25,145
12/09/2018 14:46	4502,81	25,26	25,23	25,245
12/09/2018 14:46	4506,176	25,36	25,33	25,345
12/09/2018 14:46	4509,521	25,45	25,42	25,435
12/09/2018 14:46	4516,252	25,54	25,51	25,525
12/09/2018 14:46	4522,982	25,64	25,6	25,62

MURO 2				
TIEMPO	Carga [kg]	Desplaz. 1 [mm]	Desplaz. 2 [mm]	Desplaz. Prom [mm]
13/09/2018 10:08	0	0,001	0	0,0005
13/09/2018 10:08	53,87561	0,004	0	0,002
13/09/2018 10:08	101,0168	0,009	0	0,0045
13/09/2018 10:08	151,5252	0,004	0	0,002
13/09/2018 10:08	202,0336	0,005	0,001	0,003
13/09/2018 10:08	252,542	0,006	0	0,003
13/09/2018 10:08	303,0432	0,008	0	0,004
13/09/2018 10:08	353,551	0,01	0	0,005
13/09/2018 10:08	404,0589	0,012	0	0,006
13/09/2018 10:08	451,1995	0,015	0	0,0075
13/09/2018 10:08	488,2387	0,02	0	0,01
13/09/2018 10:08	525,2777	0,025	0	0,0125
13/09/2018 10:08	558,9496	0,07	0	0,035
13/09/2018 10:08	575,7856	0,078	0	0,039
13/09/2018 10:09	595,9887	0,095	0	0,0475
13/09/2018 10:09	612,8247	0,109	0	0,0545
13/09/2018 10:09	633,0279	0,143	0	0,0715
13/09/2018 10:09	653,231	0,203	0	0,1015
13/09/2018 10:09	673,434	0,267	0	0,1335
13/09/2018 10:09	690,2701	0,317	0,069	0,193
13/09/2018 10:09	713,8403	0,365	0,135	0,25
13/09/2018 10:09	734,0435	0,438	0,214	0,326
13/09/2018 10:09	740,7778	0,513	0,305	0,409
13/09/2018 10:09	760,9811	0,59	0,403	0,4965
13/09/2018 10:09	774,458	0,667	0,483	0,575
13/09/2018 10:09	787,9268	0,743	0,564	0,6535
13/09/2018 10:09	801,3957	0,82	0,639	0,7295
13/09/2018 10:09	818,2318	0,895	0,749	0,822
13/09/2018 10:09	835,0678	0,972	0,836	0,904
13/09/2018 10:10	858,6384	1,046	0,919	0,9825
13/09/2018 10:10	878,8416	1,119	0,983	1,051
13/09/2018 10:10	899,0448	1,19	1,045	1,1175
13/09/2018 10:10	922,6153	1,262	1,124	1,193
13/09/2018 10:10	949,553	1,338	1,201	1,2695
13/09/2018 10:10	973,1235	1,413	1,274	1,3435
13/09/2018 10:10	993,3268	1,492	1,348	1,42
13/09/2018 10:10	1003,428	1,577	1,652	1,6145
13/09/2018 10:10	1013,53	1,675	1,671	1,673
13/09/2018 10:10	1010,163	1,783	1,72	1,7515
13/09/2018 10:10	1023,632	1,885	1,821	1,853
13/09/2018 10:10	1037,101	1,964	1,954	1,959
13/09/2018 10:10	1053,937	2,039	2,017	2,028
13/09/2018 10:10	1070,784	2,108	2,073	2,0905
13/09/2018 10:10	1087,62	2,176	2,128	2,152
13/09/2018 10:11	1104,456	2,243	2,185	2,214

13/09/2018 10:11	1121,292	2,308	2,243	2,2755
13/09/2018 10:11	1141,496	2,375	2,299	2,337
13/09/2018 10:11	1161,699	2,435	2,353	2,394
13/09/2018 10:11	1181,903	2,5	2,407	2,4535
13/09/2018 10:11	1202,106	2,561	2,461	2,511
13/09/2018 10:11	1218,942	2,624	2,514	2,569
13/09/2018 10:11	1239,146	2,687	2,565	2,626
13/09/2018 10:11	1259,349	2,749	2,616	2,6825
13/09/2018 10:11	1279,553	2,807	2,666	2,7365
13/09/2018 10:11	1299,756	2,867	2,716	2,7915
13/09/2018 10:11	1316,592	2,927	2,765	2,846
13/09/2018 10:11	1336,796	2,987	2,817	2,902
13/09/2018 10:11	1350,265	3,045	2,866	2,9555
13/09/2018 10:11	1370,468	3,074	2,918	2,996
13/09/2018 10:12	1383,937	3,125	2,969	3,047
13/09/2018 10:12	1400,787	3,181	3,02	3,1005
13/09/2018 10:12	1414,256	3,236	3,074	3,155
13/09/2018 10:12	1434,46	3,293	3,57	3,4315
13/09/2018 10:12	1447,929	3,352	3,583	3,4675
13/09/2018 10:12	1461,398	3,406	3,594	3,5
13/09/2018 10:12	1481,601	3,46	3,623	3,5415
13/09/2018 10:12	1491,703	3,515	3,653	3,584
13/09/2018 10:12	1508,539	3,572	3,687	3,6295
13/09/2018 10:12	1522,008	3,624	3,717	3,6705
13/09/2018 10:12	1538,845	3,676	3,783	3,7295
13/09/2018 10:12	1552,314	3,729	3,816	3,7725
13/09/2018 10:12	1569,15	3,782	3,849	3,8155
13/09/2018 10:12	1582,619	3,841	3,881	3,861
13/09/2018 10:12	1596,088	3,894	3,915	3,9045
13/09/2018 10:13	1609,557	3,947	3,949	3,948
13/09/2018 10:13	1616,292	4	3,982	3,991
13/09/2018 10:13	1633,128	4,052	4,03	4,041
13/09/2018 10:13	1643,23	4,11	4,06	4,085
13/09/2018 10:13	1656,695	4,16	4,091	4,1255
13/09/2018 10:13	1666,796	4,21	4,121	4,1655
13/09/2018 10:13	1676,898	4,259	4,151	4,205
13/09/2018 10:13	1693,734	4,307	4,182	4,2445
13/09/2018 10:13	1703,836	4,357	4,213	4,285
13/09/2018 10:13	1713,938	4,402	4,244	4,323
13/09/2018 10:13	1724,04	4,442	4,277	4,3595
13/09/2018 10:13	1730,774	4,481	4,308	4,3945
13/09/2018 10:13	1740,876	4,531	4,338	4,4345
13/09/2018 10:13	1747,61	4,568	4,369	4,4685
13/09/2018 10:13	1757,712	4,609	4,4	4,5045
13/09/2018 10:14	1757,712	4,65	4,432	4,541
13/09/2018 10:14	1761,08	4,693	4,467	4,58
13/09/2018 10:14	1764,447	4,736	4,5	4,618
13/09/2018 10:14	1771,181	4,777	4,532	4,6545
13/09/2018 10:14	1777,916	4,816	4,565	4,6905

13/09/2018 10:14	1791,385	4,855	4,597	4,726
13/09/2018 10:14	1798,119	4,894	4,629	4,7615
13/09/2018 10:14	1811,591	4,932	4,66	4,796
13/09/2018 10:14	1818,325	4,969	4,691	4,83
13/09/2018 10:14	1821,693	5,006	4,725	4,8655
13/09/2018 10:14	1831,794	5,042	4,76	4,901
13/09/2018 10:14	1838,529	5,078	4,794	4,936
13/09/2018 10:14	1845,264	5,113	4,827	4,97
13/09/2018 10:14	1851,998	5,148	4,86	5,004
13/09/2018 10:14	1865,467	5,182	4,892	5,037
13/09/2018 10:15	1872,202	5,215	4,924	5,0695
13/09/2018 10:15	1878,936	5,248	4,957	5,1025
13/09/2018 10:15	1885,671	5,28	4,989	5,1345
13/09/2018 10:15	1915,976	5,316	5,045	5,1805
13/09/2018 10:15	1926,078	5,424	5,467	5,4455
13/09/2018 10:15	1946,281	5,539	5,553	5,546
13/09/2018 10:15	1966,485	5,654	5,651	5,6525
13/09/2018 10:15	1986,689	5,764	5,748	5,756
13/09/2018 10:15	2006,892	5,874	5,844	5,859
13/09/2018 10:15	2030,463	5,983	5,933	5,958
13/09/2018 10:15	2054,002	6,09	6,033	6,0615
13/09/2018 10:15	2074,206	6,197	6,146	6,1715
13/09/2018 10:15	2094,409	6,301	6,25	6,2755
13/09/2018 10:15	2121,347	6,405	6,342	6,3735
13/09/2018 10:15	2138,183	6,51	6,435	6,4725
13/09/2018 10:16	2158,386	6,617	6,52	6,5685
13/09/2018 10:16	2175,222	6,726	6,604	6,665
13/09/2018 10:16	2198,793	6,835	6,687	6,761
13/09/2018 10:16	2215,629	6,945	6,769	6,857
13/09/2018 10:16	2235,832	7,052	6,853	6,9525
13/09/2018 10:16	2256,035	7,159	6,942	7,0505
13/09/2018 10:16	2279,606	7,266	7,034	7,15
13/09/2018 10:16	2293,075	7,372	7,127	7,2495
13/09/2018 10:16	2309,911	7,477	7,438	7,4575
13/09/2018 10:16	2330,114	7,578	7,498	7,538
13/09/2018 10:16	2350,318	7,675	7,579	7,627
13/09/2018 10:16	2370,521	7,772	7,666	7,719
13/09/2018 10:16	2383,99	7,867	7,738	7,8025
13/09/2018 10:16	2404,208	7,964	7,855	7,9095
13/09/2018 10:16	2417,677	8,06	7,946	8,003
13/09/2018 10:17	2434,514	8,17	8,04	8,105
13/09/2018 10:17	2451,35	8,27	8,1	8,185
13/09/2018 10:17	2471,553	8,37	8,16	8,265
13/09/2018 10:17	2485,022	8,47	8,23	8,35
13/09/2018 10:17	2498,491	8,56	8,3	8,43
13/09/2018 10:17	2511,96	8,65	8,36	8,505
13/09/2018 10:17	2532,164	8,73	8,42	8,575
13/09/2018 10:17	2549	8,8	8,48	8,64
13/09/2018 10:17	2565,836	8,87	8,54	8,705

13/09/2018 10:17	2586,04	8,95	8,61	8,78
13/09/2018 10:17	2606,243	9,02	8,67	8,845
13/09/2018 10:17	2619,712	9,09	8,73	8,91
13/09/2018 10:17	2633,181	9,16	8,81	8,985
13/09/2018 10:17	2650,017	9,22	8,88	9,05
13/09/2018 10:17	2660,119	9,25	8,95	9,1
13/09/2018 10:18	2680,322	9,35	9,02	9,185
13/09/2018 10:18	2693,781	9,4	9,08	9,24
13/09/2018 10:18	2707,25	9,49	9,15	9,32
13/09/2018 10:18	2727,453	9,55	9,22	9,385
13/09/2018 10:18	2744,289	9,63	9,28	9,455
13/09/2018 10:18	2761,125	9,69	9,35	9,52
13/09/2018 10:18	2774,594	9,77	9,41	9,59
13/09/2018 10:18	2794,798	9,83	9,47	9,65
13/09/2018 10:18	2804,899	9,91	9,53	9,72
13/09/2018 10:18	2815,001	9,98	9,59	9,785
13/09/2018 10:18	2835,204	10,05	9,65	9,85
13/09/2018 10:18	2848,673	10,12	9,71	9,915
13/09/2018 10:18	2865,51	10,19	9,77	9,98
13/09/2018 10:18	2878,978	10,26	9,83	10,045
13/09/2018 10:18	2892,447	10,33	9,89	10,11
13/09/2018 10:19	2909,283	10,41	9,94	10,175
13/09/2018 10:19	2922,752	10,43	10	10,215
13/09/2018 10:19	2936,221	10,44	10,32	10,38
13/09/2018 10:19	2942,956	10,45	10,37	10,41
13/09/2018 10:19	2959,786	10,47	10,4	10,435
13/09/2018 10:19	2976,622	10,5	10,44	10,47
13/09/2018 10:19	2986,723	10,54	10,48	10,51
13/09/2018 10:19	2996,825	10,58	10,53	10,555
13/09/2018 10:19	3013,661	10,63	10,58	10,605
13/09/2018 10:19	3023,763	10,68	10,63	10,655
13/09/2018 10:19	3000,192	10,97	10,69	10,83
13/09/2018 10:19	3010,294	10,98	10,74	10,86
13/09/2018 10:19	3027,13	10,98	10,77	10,875
13/09/2018 10:19	3037,232	11,02	10,8	10,91
13/09/2018 10:19	3057,435	11,08	10,84	10,96
13/09/2018 10:20	3070,904	11,09	10,88	10,985
13/09/2018 10:20	3084,373	11,11	10,92	11,015
13/09/2018 10:20	3094,474	11,15	10,95	11,05
13/09/2018 10:20	3104,576	11,22	10,99	11,105
13/09/2018 10:20	3118,045	11,37	11,02	11,195
13/09/2018 10:20	3124,779	11,41	11,06	11,235
13/09/2018 10:20	3138,248	11,46	11,09	11,275
13/09/2018 10:20	3144,989	11,47	11,12	11,295
13/09/2018 10:20	3158,458	11,49	11,15	11,32
13/09/2018 10:20	3151,723	11,58	11,19	11,385
13/09/2018 10:20	3161,825	11,6	11,23	11,415
13/09/2018 10:20	3171,927	11,64	11,26	11,45
13/09/2018 10:20	3188,763	11,69	11,29	11,49

13/09/2018 10:20	3198,865	11,73	11,32	11,525
13/09/2018 10:20	3208,966	11,79	11,36	11,575
13/09/2018 10:21	3219,068	11,82	11,4	11,61
13/09/2018 10:21	3232,537	11,88	11,44	11,66
13/09/2018 10:21	3239,271	11,91	11,47	11,69
13/09/2018 10:21	3242,638	11,96	11,51	11,735
13/09/2018 10:21	3252,74	12	11,54	11,77
13/09/2018 10:21	3262,842	12,04	11,6	11,82
13/09/2018 10:21	3272,944	12,08	11,64	11,86
13/09/2018 10:21	3283,045	12,12	11,67	11,895
13/09/2018 10:21	3286,413	12,15	11,7	11,925
13/09/2018 10:21	3299,882	12,18	11,72	11,95
13/09/2018 10:21	3306,606	12,21	11,75	11,98
13/09/2018 10:21	3309,973	12,22	11,77	11,995
13/09/2018 10:21	3320,075	12,24	11,8	12,02
13/09/2018 10:21	3326,809	12,27	11,82	12,045
13/09/2018 10:21	3333,543	12,29	11,85	12,07
13/09/2018 10:22	3343,645	12,32	11,87	12,095
13/09/2018 10:22	3350,38	12,34	11,89	12,115
13/09/2018 10:22	3353,747	12,36	11,92	12,14
13/09/2018 10:22	3367,216	12,39	11,94	12,165
13/09/2018 10:22	3373,95	12,41	11,96	12,185
13/09/2018 10:22	3380,685	12,43	11,98	12,205
13/09/2018 10:22	3387,419	12,46	12	12,23
13/09/2018 10:22	3390,786	12,48	12,02	12,25
13/09/2018 10:22	3400,888	12,5	12,04	12,27
13/09/2018 10:22	3407,622	12,52	12,06	12,29
13/09/2018 10:22	3414,357	12,54	12,08	12,31
13/09/2018 10:22	3421,091	12,56	12,1	12,33
13/09/2018 10:22	3468,232	12,58	12,14	12,36
13/09/2018 10:22	3508,617	12,7	12,21	12,455
13/09/2018 10:22	3535,555	12,8	12,3	12,55
13/09/2018 10:23	3555,758	12,9	12,38	12,64
13/09/2018 10:23	3582,696	13	12,47	12,735
13/09/2018 10:23	3609,633	13,09	12,56	12,825
13/09/2018 10:23	3636,571	13,18	12,65	12,915
13/09/2018 10:23	3660,141	13,27	12,74	13,005
13/09/2018 10:23	3687,079	13,36	12,82	13,09
13/09/2018 10:23	3714,016	13,44	12,91	13,175
13/09/2018 10:23	3740,954	13,54	13	13,27
13/09/2018 10:23	3764,524	13,63	13,09	13,36
13/09/2018 10:23	3791,462	13,73	13,17	13,45
13/09/2018 10:23	3818,399	13,86	13,25	13,555
13/09/2018 10:23	3838,603	13,96	13,34	13,65
13/09/2018 10:23	3858,806	14,03	13,41	13,72
13/09/2018 10:23	3879,009	14,14	13,48	13,81
13/09/2018 10:23	3902,579	14,17	13,56	13,865
13/09/2018 10:24	3922,783	14,22	14,01	14,115
13/09/2018 10:24	3939,605	14,31	14,09	14,2

13/09/2018 10:24	3966,543	14,36	14,18	14,27
13/09/2018 10:24	3980,012	14,44	14,23	14,335
13/09/2018 10:24	3993,481	14,5	14,28	14,39
13/09/2018 10:24	4006,949	14,55	14,33	14,44
13/09/2018 10:24	4027,153	14,61	14,41	14,51
13/09/2018 10:24	4040,621	14,67	14,46	14,565
13/09/2018 10:24	4054,09	14,74	14,51	14,625
13/09/2018 10:24	4067,559	14,8	14,56	14,68
13/09/2018 10:24	4084,395	14,86	14,61	14,735
13/09/2018 10:24	4104,598	14,92	14,66	14,79
13/09/2018 10:24	4118,066	14,98	14,7	14,84
13/09/2018 10:24	4134,902	15,04	14,74	14,89
13/09/2018 10:24	4151,738	15,1	14,79	14,945
13/09/2018 10:25	4165,207	15,16	14,83	14,995
13/09/2018 10:25	4182,043	15,21	14,87	15,04
13/09/2018 10:25	4195,512	15,27	14,92	15,095
13/09/2018 10:25	4208,98	15,32	14,97	15,145
13/09/2018 10:25	4222,425	15,37	15,01	15,19
13/09/2018 10:25	4242,628	15,42	15,05	15,235
13/09/2018 10:25	4252,729	15,48	15,09	15,285
13/09/2018 10:25	4269,565	15,53	15,13	15,33
13/09/2018 10:25	4276,299	15,57	15,17	15,37
13/09/2018 10:25	4289,768	15,62	15,21	15,415
13/09/2018 10:25	4306,604	15,67	15,24	15,455
13/09/2018 10:25	4316,706	15,72	15,28	15,5
13/09/2018 10:25	4330,174	15,76	15,33	15,545
13/09/2018 10:25	4343,643	15,81	15,37	15,59
13/09/2018 10:25	4353,744	15,85	15,41	15,63
13/09/2018 10:26	4363,846	15,9	15,45	15,675
13/09/2018 10:26	4377,315	15,94	15,49	15,715
13/09/2018 10:26	4390,783	15,98	15,53	15,755
13/09/2018 10:26	4400,885	16,02	15,57	15,795
13/09/2018 10:26	4410,986	16,06	15,6	15,83
13/09/2018 10:26	4424,455	16,1	15,64	15,87
13/09/2018 10:26	4434,557	16,14	15,68	15,91
13/09/2018 10:26	4441,291	16,18	15,72	15,95
13/09/2018 10:26	4451,393	16,21	15,75	15,98
13/09/2018 10:26	4458,127	16,25	15,78	16,015
13/09/2018 10:26	4464,861	16,46	15,82	16,14
13/09/2018 10:26	4478,33	16,49	15,85	16,17
13/09/2018 10:26	4485,064	16,52	15,88	16,2
13/09/2018 10:26	4491,799	16,55	15,91	16,23
13/09/2018 10:26	4498,533	16,59	15,95	16,27
13/09/2018 10:27	4508,635	16,62	15,98	16,3
13/09/2018 10:27	4518,736	16,65	16,01	16,33
13/09/2018 10:27	4525,47	16,68	16,04	16,36
13/09/2018 10:27	4535,572	16,71	16,07	16,39
13/09/2018 10:27	4542,307	16,74	16,09	16,415
13/09/2018 10:27	4552,408	16,77	16,12	16,445

13/09/2018 10:27	4559,142	16,79	16,15	16,47
13/09/2018 10:27	4565,876	16,82	16,18	16,5
13/09/2018 10:27	4572,611	16,85	16,2	16,525
13/09/2018 10:27	4579,345	16,87	16,23	16,55
13/09/2018 10:27	4589,465	16,9	16,25	16,575
13/09/2018 10:27	4596,199	16,93	16,28	16,605
13/09/2018 10:27	4599,567	16,95	16,3	16,625
13/09/2018 10:27	4613,036	16,98	16,33	16,655
13/09/2018 10:27	4613,036	17	16,35	16,675
13/09/2018 10:28	4619,77	17,02	16,37	16,695
13/09/2018 10:28	4626,504	17,05	16,4	16,725
13/09/2018 10:28	4633,239	17,07	16,42	16,745
13/09/2018 10:28	4639,973	17,09	16,44	16,765
13/09/2018 10:28	4643,34	17,11	16,46	16,785
13/09/2018 10:28	4650,074	17,14	16,48	16,81
13/09/2018 10:28	4653,441	17,16	16,5	16,83
13/09/2018 10:28	4653,441	17,18	16,52	16,85
13/09/2018 10:28	4555,793	17,2	16,55	16,875
13/09/2018 10:28	4518,754	17,25	16,6	16,925
13/09/2018 10:28	4522,122	17,28	16,64	16,96
13/09/2018 10:28	4532,223	17,31	16,67	16,99
13/09/2018 10:28	4545,692	17,34	16,7	17,02
13/09/2018 10:28	4559,176	17,36	16,73	17,045
13/09/2018 10:28	4576,012	17,39	17,16	17,275
13/09/2018 10:29	4582,746	17,42	17,18	17,3
13/09/2018 10:29	4596,215	17,46	17,2	17,33
13/09/2018 10:29	4606,316	17,49	17,22	17,355
13/09/2018 10:29	4619,785	17,52	17,24	17,38
13/09/2018 10:29	4626,52	17,54	17,26	17,4
13/09/2018 10:29	4636,621	17,56	17,28	17,42
13/09/2018 10:29	4646,723	17,58	17,29	17,435
13/09/2018 10:29	4653,457	17,6	17,31	17,455
13/09/2018 10:29	4660,191	17,62	17,33	17,475
13/09/2018 10:29	4666,926	17,64	17,34	17,49
13/09/2018 10:29	4673,661	17,66	17,36	17,51
13/09/2018 10:29	4683,762	17,68	17,38	17,53
13/09/2018 10:29	4687,129	17,7	17,43	17,565
13/09/2018 10:29	4697,231	17,81	17,45	17,63
13/09/2018 10:29	4700,598	17,83	17,46	17,645
13/09/2018 10:30	4707,332	17,85	17,48	17,665
13/09/2018 10:30	4707,359	17,87	17,5	17,685
13/09/2018 10:30	4714,093	17,88	17,51	17,695
13/09/2018 10:30	4714,093	17,9	17,53	17,715
13/09/2018 10:30	4720,828	17,92	17,55	17,735
13/09/2018 10:30	4727,563	17,93	17,59	17,76
13/09/2018 10:30	4734,297	17,95	17,61	17,78
13/09/2018 10:30	4734,297	17,96	17,63	17,795
13/09/2018 10:30	4741,031	17,98	17,64	17,81
13/09/2018 10:30	4741,031	17,99	17,56	17,775

13/09/2018 10:30	4747,765	18,01	17,58	17,795
13/09/2018 10:30	4751,133	18,03	17,6	17,815
13/09/2018 10:30	4754,5	18,04	17,6	17,82
13/09/2018 10:30	4761,234	18,05	17,61	17,83
13/09/2018 10:30	4761,234	18,07	17,62	17,845
13/09/2018 10:31	4767,969	18,08	17,63	17,855
13/09/2018 10:31	4767,969	18,09	17,65	17,87
13/09/2018 10:31	4771,336	18,11	17,66	17,885
13/09/2018 10:31	4774,703	18,12	17,68	17,9
13/09/2018 10:31	4781,366	18,13	17,69	17,91
13/09/2018 10:31	4777,999	18,14	17,71	17,925
13/09/2018 10:31	4784,733	18,15	17,73	17,94
13/09/2018 10:31	4784,733	18,17	17,76	17,965
13/09/2018 10:31	4788,101	18,18	17,81	17,995
13/09/2018 10:31	4791,468	18,19	17,83	18,01
13/09/2018 10:31	4794,834	18,2	17,84	18,02
13/09/2018 10:31	4794,834	18,21	17,85	18,03
13/09/2018 10:31	4798,202	18,22	17,86	18,04
13/09/2018 10:31	4801,569	18,23	17,87	18,05
13/09/2018 10:31	4801,569	18,24	17,88	18,06
13/09/2018 10:32	4804,937	18,25	17,88	18,065
13/09/2018 10:32	4808,303	18,26	17,89	18,075
13/09/2018 10:32	4808,303	18,27	17,9	18,085
13/09/2018 10:32	4808,303	18,28	17,91	18,095
13/09/2018 10:32	4815,038	18,29	17,91	18,1
13/09/2018 10:32	4815,038	18,3	17,92	18,11
13/09/2018 10:32	4815,038	18,31	17,93	18,12
13/09/2018 10:32	4818,328	18,31	17,93	18,12
13/09/2018 10:32	4821,696	18,32	17,94	18,13
13/09/2018 10:32	4821,696	18,33	17,95	18,14
13/09/2018 10:32	4821,696	18,34	17,95	18,145
13/09/2018 10:32	4828,43	18,35	17,96	18,155
13/09/2018 10:32	4828,43	18,36	17,97	18,165
13/09/2018 10:32	4828,43	18,36	17,97	18,165
13/09/2018 10:32	4828,43	18,37	17,98	18,175
13/09/2018 10:33	4831,797	18,38	17,98	18,18
13/09/2018 10:33	4831,797	18,39	17,99	18,19
13/09/2018 10:33	4835,164	18,4	17,99	18,195
13/09/2018 10:33	4835,164	18,4	18	18,2
13/09/2018 10:33	4838,531	18,41	18	18,205
13/09/2018 10:33	4841,898	18,42	18,01	18,215
13/09/2018 10:33	4838,531	18,42	18,01	18,215
13/09/2018 10:33	4841,898	18,43	18,02	18,225
13/09/2018 10:33	4841,898	18,44	18,03	18,235
13/09/2018 10:33	4841,898	18,45	18,03	18,24
13/09/2018 10:33	4845,295	18,45	18,04	18,245
13/09/2018 10:33	4848,662	18,46	18,04	18,25
13/09/2018 10:33	4845,295	18,47	18,05	18,26
13/09/2018 10:33	4848,662	18,47	18,05	18,26

13/09/2018 10:33	4848,662	18,48	18,06	18,27
13/09/2018 10:34	4848,662	18,48	18,06	18,27
13/09/2018 10:34	4852,029	18,49	18,07	18,28
13/09/2018 10:34	4855,396	18,5	18,07	18,285
13/09/2018 10:34	4852,029	18,5	18,08	18,29
13/09/2018 10:34	4855,396	18,51	18,08	18,295
13/09/2018 10:34	4855,396	18,52	18,09	18,305
13/09/2018 10:34	4855,396	18,52	18,09	18,305
13/09/2018 10:34	4862,131	18,53	18,1	18,315
13/09/2018 10:34	4855,396	18,53	18,1	18,315
13/09/2018 10:34	4855,396	18,54	18,11	18,325
13/09/2018 10:34	4865,498	18,54	18,11	18,325
13/09/2018 10:34	4865,498	18,55	18,12	18,335
13/09/2018 10:34	4865,498	18,55	18,12	18,335
13/09/2018 10:34	4865,502	18,56	18,13	18,345
13/09/2018 10:34	4865,502	18,56	18,13	18,345
13/09/2018 10:35	4868,869	18,57	18,13	18,35
13/09/2018 10:35	4868,869	18,58	18,14	18,36
13/09/2018 10:35	4922,743	18,59	18,17	18,38
13/09/2018 10:35	4973,25	18,64	18,23	18,435
13/09/2018 10:35	5010,289	18,7	18,29	18,495
13/09/2018 10:35	5043,96	18,77	18,36	18,565
13/09/2018 10:35	5070,897	18,84	18,42	18,63
13/09/2018 10:35	5087,733	18,91	18,47	18,69
13/09/2018 10:35	5104,569	18,98	18,53	18,755
13/09/2018 10:35	5121,404	19,05	18,58	18,815
13/09/2018 10:35	5138,24	19,13	18,63	18,88
13/09/2018 10:35	5151,708	19,19	18,68	18,935
13/09/2018 10:35	5168,544	19,26	18,74	19
13/09/2018 10:35	5185,38	19,42	18,79	19,105
13/09/2018 10:35	5198,849	19,48	18,84	19,16
13/09/2018 10:36	5212,317	19,54	18,9	19,22
13/09/2018 10:36	5229,064	19,59	18,95	19,27
13/09/2018 10:36	5245,899	19,64	19	19,32
13/09/2018 10:36	5259,367	19,7	19,05	19,375
13/09/2018 10:36	5272,836	19,75	19,1	19,425
13/09/2018 10:36	5282,937	19,8	19,15	19,475
13/09/2018 10:36	5299,772	19,85	19,2	19,525
13/09/2018 10:36	5313,241	19,89	19,25	19,57
13/09/2018 10:36	5323,342	19,94	19,3	19,62
13/09/2018 10:36	5333,443	19,99	19,35	19,67
13/09/2018 10:36	5346,912	20,03	19,4	19,715
13/09/2018 10:36	5360,38	20,08	19,85	19,965
13/09/2018 10:36	5367,114	20,12	19,89	20,005
13/09/2018 10:36	5373,848	20,17	19,92	20,045
13/09/2018 10:36	5380,583	20,21	19,97	20,09
13/09/2018 10:37	5390,684	20,25	20	20,125
13/09/2018 10:37	5400,785	20,41	20,06	20,235
13/09/2018 10:37	5410,886	20,45	20,09	20,27

13/09/2018 10:37	5420,987	20,49	20,13	20,31
13/09/2018 10:37	5434,37	20,53	20,16	20,345
13/09/2018 10:37	5447,837	20,57	20,2	20,385
13/09/2018 10:37	5454,571	20,61	20,23	20,42
13/09/2018 10:37	5461,306	20,64	20,26	20,45
13/09/2018 10:37	5471,407	20,68	20,3	20,49
13/09/2018 10:37	5481,508	20,72	20,33	20,525
13/09/2018 10:37	5488,242	20,75	20,37	20,56
13/09/2018 10:37	5501,709	20,79	20,6	20,695
13/09/2018 10:37	5505,077	20,82	20,63	20,725
13/09/2018 10:37	5515,178	20,86	20,66	20,76
13/09/2018 10:37	5525,279	20,89	20,68	20,785
13/09/2018 10:38	5528,646	20,92	20,75	20,835
13/09/2018 10:38	5542,114	20,98	20,77	20,875
13/09/2018 10:38	5548,849	21,01	20,8	20,905
13/09/2018 10:38	5558,949	21,04	20,82	20,93
13/09/2018 10:38	5569,05	21,07	20,84	20,955
13/09/2018 10:38	5569,05	21,1	20,87	20,985
13/09/2018 10:38	5575,785	21,13	20,89	21,01
13/09/2018 10:38	5589,21	21,16	20,92	21,04
13/09/2018 10:38	5592,578	21,27	20,94	21,105
13/09/2018 10:38	5595,945	21,31	20,96	21,135
13/09/2018 10:38	5606,046	21,34	21,01	21,175
13/09/2018 10:38	5609,413	21,36	21,03	21,195
13/09/2018 10:38	5622,881	21,39	21,05	21,22
13/09/2018 10:38	5622,881	21,42	21,01	21,215
13/09/2018 10:38	5632,982	21,44	20,92	21,18
13/09/2018 10:39	5636,349	21,47	20,96	21,215
13/09/2018 10:39	5646,45	21,49	20,98	21,235
13/09/2018 10:39	5646,45	21,52	21	21,26
13/09/2018 10:39	5653,184	21,54	21,02	21,28
13/09/2018 10:39	5656,55	21,57	21,04	21,305
13/09/2018 10:39	5663,285	21,59	21,06	21,325
13/09/2018 10:39	5670,019	21,61	21,08	21,345
13/09/2018 10:39	5676,753	21,63	21,1	21,365
13/09/2018 10:39	5676,753	21,66	21,11	21,385
13/09/2018 10:39	5683,487	21,68	21,13	21,405
13/09/2018 10:39	5690,251	21,7	21,15	21,425
13/09/2018 10:39	5696,985	21,74	21,16	21,45
13/09/2018 10:39	5696,985	21,76	21,18	21,47
13/09/2018 10:39	5703,72	21,78	21,2	21,49
13/09/2018 10:39	5703,72	21,8	21,21	21,505
13/09/2018 10:40	5713,821	21,82	21,23	21,525
13/09/2018 10:40	5717,188	21,84	21,24	21,54
13/09/2018 10:40	5723,922	21,86	21,26	21,56
13/09/2018 10:40	5727,289	21,88	21,27	21,575
13/09/2018 10:40	5727,289	21,91	21,29	21,6
13/09/2018 10:40	5730,656	21,99	21,3	21,645
13/09/2018 10:40	5730,656	22,01	21,32	21,665

13/09/2018 10:40	5737,39	22,03	21,33	21,68
13/09/2018 10:40	5740,757	22,04	21,34	21,69
13/09/2018 10:40	5747,491	22,06	21,36	21,71
13/09/2018 10:40	5750,858	22,08	21,37	21,725
13/09/2018 10:40	5750,858	22,1	21,38	21,74
13/09/2018 10:40	5757,592	22,11	21,4	21,755
13/09/2018 10:40	5757,521	22,13	21,41	21,77
13/09/2018 10:40	5764,254	22,15	21,42	21,785
13/09/2018 10:41	5764,254	22,16	21,44	21,8
13/09/2018 10:41	5767,621	22,18	21,45	21,815
13/09/2018 10:41	5770,988	22,19	21,46	21,825
13/09/2018 10:41	5774,355	22,21	21,47	21,84
13/09/2018 10:41	5777,722	22,23	21,48	21,855
13/09/2018 10:41	5777,722	22,24	21,49	21,865
13/09/2018 10:41	5781,089	22,25	21,5	21,875
13/09/2018 10:41	5784,457	22,27	21,51	21,89
13/09/2018 10:41	5784,457	22,28	21,52	21,9
13/09/2018 10:41	5784,457	22,3	21,53	21,915
13/09/2018 10:41	5791,19	22,31	21,54	21,925
13/09/2018 10:41	5794,557	22,33	21,55	21,94
13/09/2018 10:41	5794,557	22,34	21,56	21,95
13/09/2018 10:41	5797,924	22,35	21,57	21,96
13/09/2018 10:41	5797,924	22,37	21,58	21,975
13/09/2018 10:42	5804,658	22,38	21,59	21,985
13/09/2018 10:42	5804,589	22,4	21,6	22
13/09/2018 10:42	5807,956	22,42	21,61	22,015
13/09/2018 10:42	5811,323	22,43	21,62	22,025
13/09/2018 10:42	5807,956	22,45	21,63	22,04
13/09/2018 10:42	5811,323	22,46	21,64	22,05
13/09/2018 10:42	5811,323	22,48	21,65	22,065
13/09/2018 10:42	5818,057	22,49	21,66	22,075
13/09/2018 10:42	5821,423	22,5	21,67	22,085
13/09/2018 10:42	5818,057	22,51	21,68	22,095
13/09/2018 10:42	5821,423	22,52	21,69	22,105
13/09/2018 10:42	5824,79	22,53	21,77	22,15
13/09/2018 10:42	5824,79	22,54	21,81	22,175
13/09/2018 10:42	5828,158	22,55	21,83	22,19
13/09/2018 10:42	5828,158	22,56	21,84	22,2
13/09/2018 10:43	5831,524	22,57	21,84	22,205
13/09/2018 10:43	5834,892	22,58	21,84	22,21
13/09/2018 10:43	5834,892	22,59	21,85	22,22
13/09/2018 10:43	5834,892	22,6	21,86	22,23
13/09/2018 10:43	5838,236	22,61	21,86	22,235
13/09/2018 10:43	5838,236	22,62	21,87	22,245
13/09/2018 10:43	5838,236	22,63	21,88	22,255
13/09/2018 10:43	5838,236	22,64	21,87	22,255
13/09/2018 10:43	5838,236	22,65	21,88	22,265
13/09/2018 10:43	5841,603	22,66	21,89	22,275
13/09/2018 10:43	5841,603	22,67	21,89	22,28

13/09/2018 10:43	5844,97	22,68	21,9	22,29
13/09/2018 10:43	5844,97	22,69	21,91	22,3
13/09/2018 10:43	5844,97	22,69	21,92	22,305
13/09/2018 10:43	5848,337	22,7	21,93	22,315
13/09/2018 10:44	5844,97	22,71	21,93	22,32
13/09/2018 10:44	5848,337	22,72	21,94	22,33
13/09/2018 10:44	5851,704	22,73	21,95	22,34
13/09/2018 10:44	5851,704	22,73	21,95	22,34
13/09/2018 10:44	5851,704	22,74	21,96	22,35
13/09/2018 10:44	5851,704	22,75	21,96	22,355
13/09/2018 10:44	5851,704	22,76	21,97	22,365
13/09/2018 10:44	5855,037	22,76	21,97	22,365
13/09/2018 10:44	5851,67	22,77	21,98	22,375
13/09/2018 10:44	5858,404	22,78	21,99	22,385
13/09/2018 10:44	5858,404	22,78	22	22,39
13/09/2018 10:44	5855,037	22,79	22	22,395
13/09/2018 10:44	5858,404	22,8	22,01	22,405
13/09/2018 10:44	5858,404	22,81	22,02	22,415
13/09/2018 10:44	5858,404	22,81	22,03	22,42
13/09/2018 10:45	5858,404	22,82	22,03	22,425
13/09/2018 10:45	5865,138	22,82	22,04	22,43
13/09/2018 10:45	5858,404	22,83	22,04	22,435
13/09/2018 10:45	5865,138	22,84	22,04	22,44
13/09/2018 10:45	5865,138	22,84	22,05	22,445
13/09/2018 10:45	5865,138	22,85	22,05	22,45
13/09/2018 10:45	5865,138	22,86	22,06	22,46
13/09/2018 10:45	5865,138	22,86	22,07	22,465
13/09/2018 10:45	5865,138	22,87	22,07	22,47
13/09/2018 10:45	5865,138	22,87	22,08	22,475
13/09/2018 10:45	5865,099	22,88	22,09	22,485
13/09/2018 10:45	5865,099	22,88	22,09	22,485
13/09/2018 10:45	5865,099	22,89	22,1	22,495
13/09/2018 10:45	5868,465	22,89	22,1	22,495
13/09/2018 10:45	5868,465	22,9	22,11	22,505
13/09/2018 10:46	5865,099	22,91	22,11	22,51
13/09/2018 10:46	5865,099	22,91	22,12	22,515
13/09/2018 10:46	5868,465	22,92	22,12	22,52
13/09/2018 10:46	5865,099	22,92	22,13	22,525
13/09/2018 10:46	5868,465	22,93	22,13	22,53
13/09/2018 10:46	5871,832	22,93	22,13	22,53
13/09/2018 10:46	5871,832	22,94	22,14	22,54
13/09/2018 10:46	5875,199	22,94	22,14	22,54
13/09/2018 10:46	5892,033	22,95	22,15	22,55
13/09/2018 10:46	5952,637	22,98	22,27	22,625
13/09/2018 10:46	5999,774	23,05	22,51	22,78
13/09/2018 10:46	6033,443	23,11	22,57	22,84
13/09/2018 10:46	6060,378	23,18	22,65	22,915
13/09/2018 10:46	6080,537	23,25	22,72	22,985
13/09/2018 10:46	6100,738	23,32	22,8	23,06

13/09/2018 10:47	6114,205	23,39	22,86	23,125
13/09/2018 10:47	6124,306	23,46	22,92	23,19
13/09/2018 10:47	6117,572	23,52	23,04	23,28
13/09/2018 10:47	6114,205	23,58	23,12	23,35
13/09/2018 10:47	6117,572	23,64	23,18	23,41
13/09/2018 10:47	6134,406	23,69	23,24	23,465
13/09/2018 10:47	6147,875	23,75	23,29	23,52
13/09/2018 10:47	6161,342	23,81	23,36	23,585
13/09/2018 10:47	6178,176	23,86	23,47	23,665
13/09/2018 10:47	6184,91	23,92	23,53	23,725
13/09/2018 10:47	6134,406	23,97	23,58	23,775
13/09/2018 10:47	6107,472	24,05	23,64	23,845
13/09/2018 10:47	6110,838	24,12	23,7	23,91
13/09/2018 10:47	6124,306	24,21	23,76	23,985
13/09/2018 10:47	6134,406	24,28	23,87	24,075
13/09/2018 10:48	6147,875	24,34	23,94	24,14
13/09/2018 10:48	6154,565	24,4	23,99	24,195
13/09/2018 10:48	6161,298	24,46	24,04	24,25
13/09/2018 10:48	6174,766	24,51	24,2	24,355
13/09/2018 10:48	6191,6	24,57	24,25	24,41
13/09/2018 10:48	6208,435	24,62	24,3	24,46
13/09/2018 10:48	6215,168	24,67	24,34	24,505
13/09/2018 10:48	6232,002	24,72	24,38	24,55
13/09/2018 10:48	6242,103	24,77	24,43	24,6
13/09/2018 10:48	6255,57	24,82	24,47	24,645
13/09/2018 10:48	6265,671	24,87	24,51	24,69
13/09/2018 10:48	6272,405	24,95	24,55	24,75
13/09/2018 10:48	6282,505	25	24,6	24,8
13/09/2018 10:48	6289,239	25,04	24,64	24,84
13/09/2018 10:48	6299,339	25,08	24,68	24,88
13/09/2018 10:49	6309,439	25,12	24,79	24,955
13/09/2018 10:49	6316,173	25,16	24,87	25,015
13/09/2018 10:49	6322,907	25,2	24,91	25,055
13/09/2018 10:49	6336,375	25,24	24,95	25,095
13/09/2018 10:49	6339,698	25,28	24,99	25,135
13/09/2018 10:49	6178,091	25,32	25,1	25,21
13/09/2018 10:49	6174,724	25,57	25,21	25,39
13/09/2018 10:49	6188,191	25,62	25,27	25,445
13/09/2018 10:49	6208,392	25,67	25,31	25,49
13/09/2018 10:49	6225,227	25,72	25,36	25,54
13/09/2018 10:49	6242,061	25,77	25,4	25,585
13/09/2018 10:49	6258,895	25,82	25,44	25,63
13/09/2018 10:49	6279,096	25,86	25,49	25,675
13/09/2018 10:49	6292,563	25,9	25,55	25,725
13/09/2018 10:49	6306,03	25,94	25,6	25,77
13/09/2018 10:50	6319,498	25,98	25,65	25,815
13/09/2018 10:50	6329,598	26,02	25,7	25,86
13/09/2018 10:50	6343,065	26,06	25,73	25,895
13/09/2018 10:50	6353,166	26,09	25,78	25,935

13/09/2018 10:50	6363,266	26,13	25,83	25,98
13/09/2018 10:50	6373,367	26,16	25,86	26,01
13/09/2018 10:50	6376,734	26,2	25,91	26,055
13/09/2018 10:50	6390,161	26,23	25,95	26,09
13/09/2018 10:50	6393,528	26,26	25,99	26,125
13/09/2018 10:50	6400,262	26,29	26,02	26,155
13/09/2018 10:50	6410,362	26,33	26,06	26,195
13/09/2018 10:50	6417,096	26,36	26,09	26,225
13/09/2018 10:50	6423,829	26,39	26,13	26,26
13/09/2018 10:50	6430,563	26,42	26,16	26,29
13/09/2018 10:50	6433,93	26,45	26,2	26,325
13/09/2018 10:51	6433,93	26,48	26,23	26,355
13/09/2018 10:51	6444,03	26,5	26,27	26,385
13/09/2018 10:51	6454,131	26,53	26,3	26,415
13/09/2018 10:51	6457,498	26,56	26,33	26,445
13/09/2018 10:51	6457,498	26,59	26,36	26,475
13/09/2018 10:51	6464,231	26,61	26,39	26,5
13/09/2018 10:51	6470,965	26,64	26,42	26,53
13/09/2018 10:51	6474,332	26,66	26,45	26,555
13/09/2018 10:51	6477,698	26,69	26,49	26,59
13/09/2018 10:51	6481,065	26,71	26,51	26,61
13/09/2018 10:51	6484,395	26,74	26,54	26,64
13/09/2018 10:51	6487,761	26,76	26,57	26,665
13/09/2018 10:51	6491,128	26,78	26,6	26,69
13/09/2018 10:51	6497,862	26,81	26,63	26,72
13/09/2018 10:51	6497,862	26,83	26,65	26,74
13/09/2018 10:52	6501,229	26,85	26,68	26,765
13/09/2018 10:52	6507,962	26,87	26,71	26,79
13/09/2018 10:52	6507,962	26,89	26,73	26,81
13/09/2018 10:52	6511,33	26,91	26,75	26,83
13/09/2018 10:52	6514,696	26,93	26,78	26,855
13/09/2018 10:52	6511,33	26,95	26,8	26,875
13/09/2018 10:52	6514,696	26,98	26,82	26,9
13/09/2018 10:52	6518,063	27	26,84	26,92
13/09/2018 10:52	6514,696	27,01	26,87	26,94
13/09/2018 10:52	6524,796	27,04	26,89	26,965
13/09/2018 10:52	6524,796	27,05	26,91	26,98
13/09/2018 10:52	6524,796	27,07	26,93	27
13/09/2018 10:52	6528,163	27,09	26,96	27,025
13/09/2018 10:52	6531,496	27,11	26,98	27,045
13/09/2018 10:52	6534,863	27,13	27	27,065
13/09/2018 10:53	6534,863	27,15	27,03	27,09
13/09/2018 10:53	6534,863	27,16	27,05	27,105
13/09/2018 10:53	6538,23	27,18	27,07	27,125
13/09/2018 10:53	6538,23	27,2	27,09	27,145
13/09/2018 10:53	6541,597	27,21	27,11	27,16
13/09/2018 10:53	6541,597	27,23	27,13	27,18
13/09/2018 10:53	6544,963	27,24	27,15	27,195
13/09/2018 10:53	6551,697	27,26	27,17	27,215

13/09/2018 10:53	6551,697	27,31	27,19	27,25
13/09/2018 10:53	6551,697	27,33	27,21	27,27
13/09/2018 10:53	6551,697	27,42	27,22	27,32
13/09/2018 10:53	6558,43	27,44	27,24	27,34
13/09/2018 10:53	6558,43	27,46	27,26	27,36
13/09/2018 10:53	6561,797	27,47	27,27	27,37
13/09/2018 10:53	6561,797	27,49	27,29	27,39
13/09/2018 10:54	6561,797	27,5	27,31	27,405
13/09/2018 10:54	6565,134	27,51	27,32	27,415
13/09/2018 10:54	6565,134	27,53	27,34	27,435
13/09/2018 10:54	6568,5	27,54	27,35	27,445
13/09/2018 10:54	6565,134	27,55	27,37	27,46
13/09/2018 10:54	6571,867	27,57	27,38	27,475
13/09/2018 10:54	6568,5	27,58	27,39	27,485
13/09/2018 10:54	6571,867	27,59	27,41	27,5
13/09/2018 10:54	6575,234	27,6	27,42	27,51
13/09/2018 10:54	6575,234	27,61	27,44	27,525
13/09/2018 10:54	6578,601	27,62	27,45	27,535
13/09/2018 10:54	6578,601	27,64	27,46	27,55
13/09/2018 10:54	6578,601	27,65	27,48	27,565
13/09/2018 10:54	6581,968	27,66	27,49	27,575
13/09/2018 10:54	6588,701	27,67	27,5	27,585
13/09/2018 10:55	6585,334	27,68	27,51	27,595
13/09/2018 10:55	6581,968	27,69	27,53	27,61
13/09/2018 10:55	6588,701	27,7	27,54	27,62
13/09/2018 10:55	6588,701	27,72	27,55	27,635
13/09/2018 10:55	6588,675	27,73	27,56	27,645
13/09/2018 10:55	6592,042	27,74	27,58	27,66
13/09/2018 10:55	6588,675	27,75	27,59	27,67
13/09/2018 10:55	6592,042	27,77	27,6	27,685
13/09/2018 10:55	6592,042	27,78	27,61	27,695
13/09/2018 10:55	6592,042	27,79	27,62	27,705
13/09/2018 10:55	6592,042	27,8	27,64	27,72
13/09/2018 10:55	6608,875	27,81	27,66	27,735
13/09/2018 10:55	6666,11	27,85	27,83	27,84
13/09/2018 10:55	6703,145	27,96	27,9	27,93
13/09/2018 10:55	6736,812	28,03	27,98	28,005
13/09/2018 10:56	6760,379	28,1	28,04	28,07
13/09/2018 10:56	6777,213	28,18	28,11	28,145
13/09/2018 10:56	6794,046	28,25	28,18	28,215
13/09/2018 10:56	6804,146	28,32	28,31	28,315
13/09/2018 10:56	6820,98	28,38	28,38	28,38
13/09/2018 10:56	6827,714	28,45	28,45	28,45
13/09/2018 10:56	6837,814	28,51	28,51	28,51
13/09/2018 10:56	6847,891	28,54	28,57	28,555
13/09/2018 10:56	6857,991	28,59	28,64	28,615
13/09/2018 10:56	6864,724	28,66	28,7	28,68
13/09/2018 10:56	6871,458	28,73	28,76	28,745
13/09/2018 10:56	6878,191	28,79	28,82	28,805

13/09/2018 10:56	6884,925	28,85	28,9	28,875
13/09/2018 10:56	6891,659	28,9	28,98	28,94
13/09/2018 10:56	6898,392	28,98	29,05	29,015
13/09/2018 10:57	6905,125	29,04	29,12	29,08
13/09/2018 10:57	6908,492	29,09	29,19	29,14
13/09/2018 10:57	6911,858	29,14	29,26	29,2
13/09/2018 10:57	6915,226	29,21	29,33	29,27
13/09/2018 10:57	6925,326	29,28	29,4	29,34
13/09/2018 10:57	6932,059	29,33	29,47	29,4
13/09/2018 10:57	6938,793	29,38	29,53	29,455
13/09/2018 10:57	6942,16	29,5	29,6	29,55
13/09/2018 10:57	6955,626	29,56	29,66	29,61
13/09/2018 10:57	6962,359	29,61	29,73	29,67
13/09/2018 10:57	6969,072	29,65	29,79	29,72
13/09/2018 10:57	6975,806	29,7	29,85	29,775
13/09/2018 10:57	6982,539	29,75	29,92	29,835
13/09/2018 10:57	6982,539	29,79	29,98	29,885
13/09/2018 10:57	6982,539	29,84	30,04	29,94
13/09/2018 10:58	6989,273	29,88	30,1	29,99
13/09/2018 10:58	6996,006	29,93	30,17	30,05
13/09/2018 10:58	6996,006	29,97	30,23	30,1
13/09/2018 10:58	7002,74	30,01	30,33	30,17
13/09/2018 10:58	7009,473	30,06	30,39	30,225
13/09/2018 10:58	7016,207	30,1	30,44	30,27
13/09/2018 10:58	7022,94	30,14	30,5	30,32

MURO 3				
TIEMPO	Carga [kg]	Desplaz. 1 [mm]	Desplaz. 2 [mm]	Desplaz. Prom [mm]
13/09/2018 14:08	0	0	-0,001	-0,0005
13/09/2018 14:08	3,365554	-0,001	-0,001	-0,001
13/09/2018 14:08	3,365554	-0,001	-0,001	-0,001
13/09/2018 14:08	43,75201	-0,001	0,01	0,0045
13/09/2018 14:08	137,9871	0,012	0,033	0,0225
13/09/2018 14:08	232,2221	0,053	0,053	0,053
13/09/2018 14:08	333,1883	0,161	0,069	0,115
13/09/2018 14:08	447,6166	0,272	0,094	0,183
13/09/2018 14:08	558,6793	0,381	0,13	0,2555
13/09/2018 14:08	673,1077	0,497	0,162	0,3295
13/09/2018 14:08	784,1703	0,573	0,272	0,4225
13/09/2018 14:09	881,7709	0,692	0,386	0,539
13/09/2018 14:09	979,3715	0,803	0,518	0,6605
13/09/2018 14:09	1070,241	0,865	0,64	0,7525
13/09/2018 14:09	1154,38	1,083	0,774	0,9285
13/09/2018 14:09	1231,787	1,21	0,898	1,054
13/09/2018 14:09	1295,732	1,372	1,034	1,203
13/09/2018 14:09	1352,946	1,511	1,167	1,339
13/09/2018 14:09	1416,891	1,598	1,3	1,449
13/09/2018 14:09	1470,74	1,758	1,436	1,597
13/09/2018 14:09	1524,589	1,957	1,57	1,7635
13/09/2018 14:09	1575,072	2,076	1,706	1,891
13/09/2018 14:09	1608,727	2,218	1,841	2,0295
13/09/2018 14:09	1642,382	2,402	1,984	2,193
13/09/2018 14:09	1662,576	2,422	2,123	2,2725
13/09/2018 14:09	1652,479	2,507	2,272	2,3895
13/09/2018 14:10	1665,941	2,636	2,425	2,5305
13/09/2018 14:10	1679,403	2,796	2,573	2,6845
13/09/2018 14:10	1709,693	3,005	2,721	2,863
13/09/2018 14:10	1739,983	3,203	2,861	3,032
13/09/2018 14:10	1773,638	3,463	3,003	3,233
13/09/2018 14:10	1810,659	3,504	3,134	3,319
13/09/2018 14:10	1851,046	3,592	3,27	3,431
13/09/2018 14:10	1884,701	3,701	3,396	3,5485
13/09/2018 14:10	1918,356	3,818	3,53	3,674
13/09/2018 14:10	1955,377	3,939	3,651	3,795
13/09/2018 14:10	1985,667	4,082	3,782	3,932
13/09/2018 14:10	2012,592	4,218	3,901	4,0595
13/09/2018 14:10	2042,881	4,357	4,034	4,1955
13/09/2018 14:10	2066,44	4,511	4,155	4,333
13/09/2018 14:10	2093,364	4,69	4,347	4,5185
13/09/2018 14:11	2110,192	4,841	4,424	4,6325

13/09/2018 14:11	2133,75	4,973	4,578	4,7755
13/09/2018 14:11	2160,675	5,1	4,68	4,89
13/09/2018 14:11	2190,965	5,223	4,8	5,0115
13/09/2018 14:11	2224,62	5,347	4,925	5,136
13/09/2018 14:11	2254,91	5,496	5,05	5,273
13/09/2018 14:11	2281,834	5,552	5,175	5,3635
13/09/2018 14:11	2308,759	5,67	5,3	5,485
13/09/2018 14:11	2339,048	5,79	5,427	5,6085
13/09/2018 14:11	2365,973	5,891	5,544	5,7175
13/09/2018 14:11	2396,263	5,993	5,669	5,831
13/09/2018 14:11	2423,187	6,094	5,778	5,936
13/09/2018 14:11	2443,38	6,196	5,903	6,0495
13/09/2018 14:11	2466,939	6,299	6,006	6,1525
13/09/2018 14:11	2493,863	6,405	6,127	6,266
13/09/2018 14:12	2517,422	6,509	6,23	6,3695
13/09/2018 14:12	2537,615	6,615	6,329	6,472
13/09/2018 14:12	2567,905	6,715	6,439	6,577
13/09/2018 14:12	2591,464	6,823	6,536	6,6795
13/09/2018 14:12	2594,829	6,928	6,643	6,7855
13/09/2018 14:12	2591,464	7,042	6,746	6,894
13/09/2018 14:12	2611,657	7,16	6,846	7,003
13/09/2018 14:12	2625,119	7,271	6,948	7,1095
13/09/2018 14:12	2645,313	7,371	7,043	7,207
13/09/2018 14:12	2665,506	7,477	7,141	7,309
13/09/2018 14:12	2678,968	7,586	7,234	7,41
13/09/2018 14:12	2689,064	7,688	7,329	7,5085
13/09/2018 14:12	2709,258	7,789	7,42	7,6045
13/09/2018 14:12	2722,72	7,889	7,511	7,7
13/09/2018 14:12	2742,913	7,988	7,602	7,795
13/09/2018 14:13	2756,375	8,09	7,691	7,8905
13/09/2018 14:13	2773,203	8,18	7,783	7,9815
13/09/2018 14:13	2779,934	8,27	7,874	8,072
13/09/2018 14:13	2806,858	8,37	7,973	8,1715
13/09/2018 14:13	2823,685	8,47	8,06	8,265
13/09/2018 14:13	2837,147	8,55	8,14	8,345
13/09/2018 14:13	2857,341	8,63	8,23	8,43
13/09/2018 14:13	2874,168	8,7	8,31	8,505
13/09/2018 14:13	2897,727	8,78	8,4	8,59
13/09/2018 14:13	2914,555	8,86	8,48	8,67
13/09/2018 14:13	2928,017	8,95	8,56	8,755
13/09/2018 14:13	2944,844	9,04	8,68	8,86
13/09/2018 14:13	2853,975	9,13	9,09	9,11
13/09/2018 14:13	2880,9	9,29	9,16	9,225
13/09/2018 14:13	2914,555	9,34	9,23	9,285
13/09/2018 14:14	2954,941	9,41	9,3	9,355
13/09/2018 14:14	2978,5	9,47	9,36	9,415
13/09/2018 14:14	3008,79	9,54	9,43	9,485
13/09/2018 14:14	3032,349	9,61	9,49	9,55
13/09/2018 14:14	3055,907	9,67	9,55	9,61

13/09/2018 14:14	3076,101	9,74	9,61	9,675
13/09/2018 14:14	3089,562	9,81	9,67	9,74
13/09/2018 14:14	3113,121	9,87	9,73	9,8
13/09/2018 14:14	3129,949	9,94	9,78	9,86
13/09/2018 14:14	3153,508	10,01	9,83	9,92
13/09/2018 14:14	3170,335	10,08	9,87	9,975
13/09/2018 14:14	3187,163	10,15	9,9	10,025
13/09/2018 14:14	3200,625	10,21	9,94	10,075
13/09/2018 14:14	3220,818	10,28	9,98	10,13
13/09/2018 14:14	3234,28	10,35	10,03	10,19
13/09/2018 14:15	3247,742	10,41	10,08	10,245
13/09/2018 14:15	3264,57	10,48	10,13	10,305
13/09/2018 14:15	3281,398	10,54	10,18	10,36
13/09/2018 14:15	3294,86	10,61	10,24	10,425
13/09/2018 14:15	3315,053	10,68	10,29	10,485
13/09/2018 14:15	3328,515	10,74	10,35	10,545
13/09/2018 14:15	3345,343	10,81	10,4	10,605
13/09/2018 14:15	3365,536	10,87	10,46	10,665
13/09/2018 14:15	3372,267	10,93	10,51	10,72
13/09/2018 14:15	3385,678	10,99	10,57	10,78
13/09/2018 14:15	3399,14	11,06	10,62	10,84
13/09/2018 14:15	3419,333	11,11	10,67	10,89
13/09/2018 14:15	3429,429	11,17	10,73	10,95
13/09/2018 14:15	3446,257	11,23	10,78	11,005
13/09/2018 14:15	3463,084	11,28	10,83	11,055
13/09/2018 14:16	3476,546	11,33	10,88	11,105
13/09/2018 14:16	3493,374	11,38	10,93	11,155
13/09/2018 14:16	3506,836	11,43	10,98	11,205
13/09/2018 14:16	3520,298	11,47	11,03	11,25
13/09/2018 14:16	3378,947	11,62	11,5	11,56
13/09/2018 14:16	3392,409	11,63	11,55	11,59
13/09/2018 14:16	3419,333	11,66	11,59	11,625
13/09/2018 14:16	3446,257	11,72	11,63	11,675
13/09/2018 14:16	3459,719	11,77	11,67	11,72
13/09/2018 14:16	3476,546	11,83	11,71	11,77
13/09/2018 14:16	3496,739	11,88	11,75	11,815
13/09/2018 14:16	3513,567	11,94	11,79	11,865
13/09/2018 14:16	3533,77	11,99	11,82	11,905
13/09/2018 14:16	3550,597	12,04	11,86	11,95
13/09/2018 14:16	3540,501	12,09	11,9	11,995
13/09/2018 14:17	3560,694	12,14	11,94	12,04
13/09/2018 14:17	3577,521	12,2	11,97	12,085
13/09/2018 14:17	3594,349	12,25	12,01	12,13
13/09/2018 14:17	3601,08	12,3	12,04	12,17
13/09/2018 14:17	3604,445	12,35	12,08	12,215
13/09/2018 14:17	3621,273	12,41	12,11	12,26
13/09/2018 14:17	3638,1	12,46	12,15	12,305
13/09/2018 14:17	3638,1	12,51	12,18	12,345
13/09/2018 14:17	3654,928	12,56	12,21	12,385

13/09/2018 14:17	3668,39	12,62	12,25	12,435
13/09/2018 14:17	3681,852	12,67	12,28	12,475
13/09/2018 14:17	3681,852	12,72	12,31	12,515
13/09/2018 14:17	3702,045	12,78	12,34	12,56
13/09/2018 14:17	3712,141	12,83	12,37	12,6
13/09/2018 14:17	3722,238	12,87	12,4	12,635
13/09/2018 14:18	3725,611	12,92	12,44	12,68
13/09/2018 14:18	3742,439	12,96	12,47	12,715
13/09/2018 14:18	3752,535	12,99	12,5	12,745
13/09/2018 14:18	3749,17	13,04	12,53	12,785
13/09/2018 14:18	3762,632	13,08	12,56	12,82
13/09/2018 14:18	3776,094	13,1	12,58	12,84
13/09/2018 14:18	3789,556	13,14	12,61	12,875
13/09/2018 14:18	3789,556	13,18	12,64	12,91
13/09/2018 14:18	3799,653	13,21	12,67	12,94
13/09/2018 14:18	3809,749	13,25	12,7	12,975
13/09/2018 14:18	3823,211	13,29	12,73	13,01
13/09/2018 14:18	3819,845	13,32	12,75	13,035
13/09/2018 14:18	3829,942	13,34	12,78	13,06
13/09/2018 14:18	3843,404	13,37	12,81	13,09
13/09/2018 14:18	3856,866	13,41	12,84	13,125
13/09/2018 14:19	3863,597	13,45	12,87	13,16
13/09/2018 14:19	3856,866	13,48	12,9	13,19
13/09/2018 14:19	3870,328	13,52	12,92	13,22
13/09/2018 14:19	3883,796	13,55	12,95	13,25
13/09/2018 14:19	3893,893	13,58	12,98	13,28
13/09/2018 14:19	3903,99	13,61	13	13,305
13/09/2018 14:19	3897,259	13,62	13,03	13,325
13/09/2018 14:19	3910,721	13,65	13,06	13,355
13/09/2018 14:19	3914,086	13,68	13,08	13,38
13/09/2018 14:19	3927,548	13,72	13,11	13,415
13/09/2018 14:19	3937,645	13,75	13,13	13,44
13/09/2018 14:19	3944,376	13,78	13,16	13,47
13/09/2018 14:19	3937,645	13,81	13,18	13,495
13/09/2018 14:19	3947,741	13,84	13,21	13,525
13/09/2018 14:19	3957,838	13,87	13,23	13,55
13/09/2018 14:20	3967,934	13,89	13,26	13,575
13/09/2018 14:20	3978,031	13,92	13,28	13,6
13/09/2018 14:20	3984,762	13,94	13,3	13,62
13/09/2018 14:20	3991,493	13,96	13,33	13,645
13/09/2018 14:20	3978,031	13,99	13,35	13,67
13/09/2018 14:20	3991,493	14,01	13,37	13,69
13/09/2018 14:20	3998,229	14,03	13,4	13,715
13/09/2018 14:20	4011,691	14,04	13,42	13,73
13/09/2018 14:20	4018,423	14,08	13,44	13,76
13/09/2018 14:20	4021,788	14,09	13,46	13,775
13/09/2018 14:20	4031,885	14,13	13,48	13,805
13/09/2018 14:20	4035,25	14,14	13,5	13,82
13/09/2018 14:20	4045,347	14,16	13,52	13,84

13/09/2018 14:20	4035,25	14,18	13,54	13,86
13/09/2018 14:20	4045,347	14,2	13,56	13,88
13/09/2018 14:21	4048,712	14,21	13,58	13,895
13/09/2018 14:21	4058,809	14,22	13,6	13,91
13/09/2018 14:21	4065,54	14,23	13,62	13,925
13/09/2018 14:21	4072,271	14,23	13,64	13,935
13/09/2018 14:21	4075,636	14,24	13,65	13,945
13/09/2018 14:21	4085,733	14,25	13,67	13,96
13/09/2018 14:21	4085,733	14,26	13,69	13,975
13/09/2018 14:21	4072,271	14,26	13,71	13,985
13/09/2018 14:21	4079,002	14,28	13,73	14,005
13/09/2018 14:21	4089,104	14,3	13,75	14,025
13/09/2018 14:21	4092,469	14,32	13,76	14,04
13/09/2018 14:21	4099,2	14,34	13,78	14,06
13/09/2018 14:21	4112,662	14,36	13,8	14,08
13/09/2018 14:21	4112,662	14,37	13,81	14,09
13/09/2018 14:21	4119,393	14,39	13,83	14,11
13/09/2018 14:22	4122,759	14,4	13,84	14,12
13/09/2018 14:22	4126,124	14,41	13,86	14,135
13/09/2018 14:22	4132,855	14,43	13,87	14,15
13/09/2018 14:22	4136,221	14,44	13,89	14,165
13/09/2018 14:22	4126,124	14,47	13,91	14,19
13/09/2018 14:22	4129,49	14,49	13,92	14,205
13/09/2018 14:22	4136,221	14,51	13,94	14,225
13/09/2018 14:22	4139,586	14,52	13,95	14,235
13/09/2018 14:22	4146,317	14,53	13,96	14,245
13/09/2018 14:22	4153,048	14,55	13,98	14,265
13/09/2018 14:22	4156,414	14,56	13,99	14,275
13/09/2018 14:22	4163,145	14,57	14,01	14,29
13/09/2018 14:22	4166,514	14,58	14,02	14,3
13/09/2018 14:22	4169,879	14,6	14,04	14,32
13/09/2018 14:22	4176,61	14,61	14,05	14,33
13/09/2018 14:23	4179,976	14,63	14,06	14,345
13/09/2018 14:23	4179,976	14,65	14,08	14,365
13/09/2018 14:23	4159,783	14,66	14,09	14,375
13/09/2018 14:23	4159,783	14,68	14,11	14,395
13/09/2018 14:23	4159,783	14,71	14,12	14,415
13/09/2018 14:23	4163,148	14,76	14,14	14,45
13/09/2018 14:23	4166,514	14,82	14,15	14,485
13/09/2018 14:23	4173,245	14,85	14,16	14,505
13/09/2018 14:23	4173,245	14,87	14,17	14,52
13/09/2018 14:23	4179,976	14,89	14,19	14,54
13/09/2018 14:23	4183,342	14,91	14,2	14,555
13/09/2018 14:23	4186,707	14,92	14,21	14,565
13/09/2018 14:23	4173,245	14,93	14,23	14,58
13/09/2018 14:23	4179,976	14,95	14,24	14,595
13/09/2018 14:23	4179,976	14,96	14,25	14,605
13/09/2018 14:24	4190,075	14,97	14,27	14,62
13/09/2018 14:24	4193,441	14,97	14,28	14,625

13/09/2018 14:24	4196,806	14,99	14,29	14,64
13/09/2018 14:24	4200,172	15	14,3	14,65
13/09/2018 14:24	4203,538	15,02	14,31	14,665
13/09/2018 14:24	4210,269	15,03	14,37	14,7
13/09/2018 14:24	4213,634	15,04	14,61	14,825
13/09/2018 14:24	4213,634	15,06	14,62	14,84
13/09/2018 14:24	4220,365	15,07	14,62	14,845
13/09/2018 14:24	4220,365	15,08	14,63	14,855
13/09/2018 14:24	4220,365	15,09	14,64	14,865
13/09/2018 14:24	4230,461	15,09	14,65	14,87
13/09/2018 14:24	4230,461	15,09	14,66	14,875
13/09/2018 14:24	4233,827	15,09	14,67	14,88
13/09/2018 14:24	4200,172	15,1	14,68	14,89
13/09/2018 14:25	4203,538	15,1	14,69	14,895
13/09/2018 14:25	4206,903	15,1	14,7	14,9
13/09/2018 14:25	4213,634	15,1	14,71	14,905
13/09/2018 14:25	4213,636	15,1	14,72	14,91
13/09/2018 14:25	4217,001	15,11	14,73	14,92
13/09/2018 14:25	4220,367	15,11	14,74	14,925
13/09/2018 14:25	4220,367	15,11	14,75	14,93
13/09/2018 14:25	4220,367	15,11	14,75	14,93
13/09/2018 14:25	4230,463	15,11	14,76	14,935
13/09/2018 14:25	4230,463	15,12	14,77	14,945
13/09/2018 14:25	4233,829	15,12	14,78	14,95
13/09/2018 14:25	4237,195	15,12	14,79	14,955
13/09/2018 14:25	4237,195	15,12	14,8	14,96
13/09/2018 14:25	4240,56	15,13	14,8	14,965
13/09/2018 14:25	4243,926	15,13	14,81	14,97
13/09/2018 14:26	4243,926	15,14	14,82	14,98
13/09/2018 14:26	4227,098	15,15	14,83	14,99
13/09/2018 14:26	4233,829	15,2	14,84	15,02
13/09/2018 14:26	4233,829	15,26	14,85	15,055
13/09/2018 14:26	4233,829	15,29	14,85	15,07
13/09/2018 14:26	4240,56	15,3	14,86	15,08
13/09/2018 14:26	4247,293	15,3	14,87	15,085
13/09/2018 14:26	4254,024	15,31	14,87	15,09
13/09/2018 14:26	4254,024	15,31	14,88	15,095
13/09/2018 14:26	4257,389	15,31	14,89	15,1
13/09/2018 14:26	4260,755	15,31	14,89	15,1
13/09/2018 14:26	4260,755	15,31	14,9	15,105
13/09/2018 14:26	4264,12	15,31	14,91	15,11
13/09/2018 14:26	4270,851	15,32	14,91	15,115
13/09/2018 14:26	4267,486	15,32	14,92	15,12
13/09/2018 14:27	4274,217	15,32	14,93	15,125
13/09/2018 14:27	4274,217	15,32	14,93	15,125
13/09/2018 14:27	4274,217	15,32	14,94	15,13
13/09/2018 14:27	4321,334	15,33	14,97	15,15
13/09/2018 14:27	4354,99	15,47	15,04	15,255
13/09/2018 14:27	4395,376	15,6	15,11	15,355

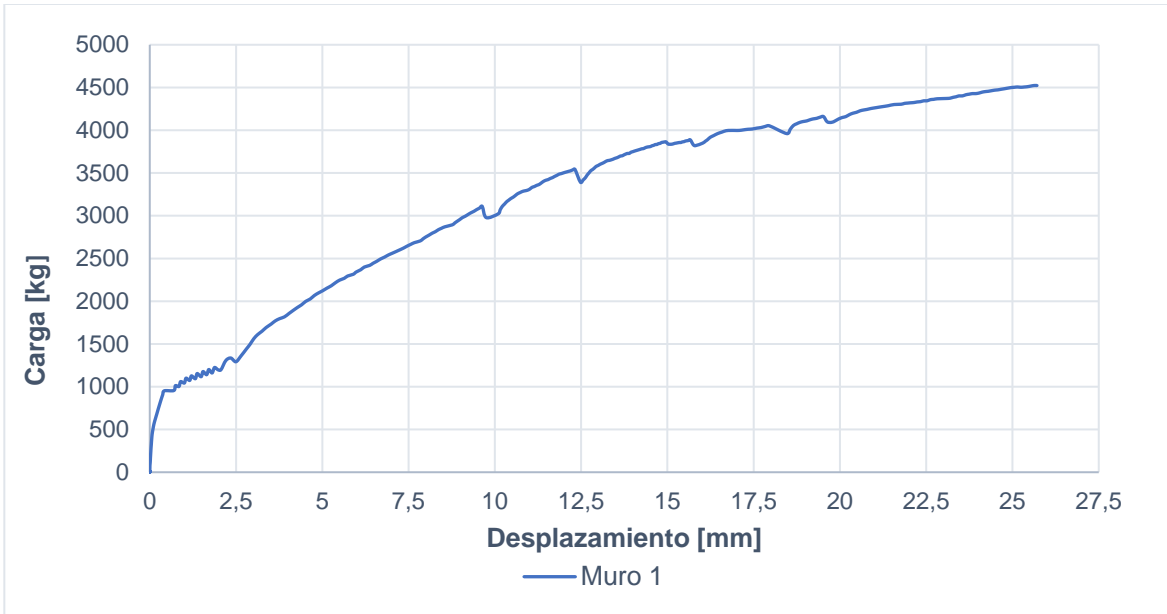
13/09/2018 14:27	4425,666	15,71	15,18	15,445
13/09/2018 14:27	4449,225	15,79	15,25	15,52
13/09/2018 14:27	4476,148	15,88	15,32	15,6
13/09/2018 14:27	4499,708	15,97	15,39	15,68
13/09/2018 14:27	4519,902	16,05	15,45	15,75
13/09/2018 14:27	4543,46	16,12	15,53	15,825
13/09/2018 14:27	4567,019	16,21	15,72	15,965
13/09/2018 14:27	4590,578	16,28	15,78	16,03
13/09/2018 14:27	4610,771	16,35	15,84	16,095
13/09/2018 14:28	4634,33	16,42	15,9	16,16
13/09/2018 14:28	4651,157	16,5	15,95	16,225
13/09/2018 14:28	4671,35	16,58	16,01	16,295
13/09/2018 14:28	4691,543	16,63	16,07	16,35
13/09/2018 14:28	4708,371	16,7	16,12	16,41
13/09/2018 14:28	4725,199	16,77	16,18	16,475
13/09/2018 14:28	4745,392	16,84	16,23	16,535
13/09/2018 14:28	4768,951	16,89	16,29	16,59
13/09/2018 14:28	4785,778	16,95	16,34	16,645
13/09/2018 14:28	4799,241	17,01	16,39	16,7
13/09/2018 14:28	4799,241	17,06	16,44	16,75
13/09/2018 14:28	4816,068	17,1	16,5	16,8
13/09/2018 14:28	4836,192	17,15	16,55	16,85
13/09/2018 14:28	4846,289	17,19	16,6	16,895
13/09/2018 14:28	4853,02	17,26	16,65	16,955
13/09/2018 14:29	4873,212	17,32	16,7	17,01
13/09/2018 14:29	4883,309	17,39	16,75	17,07
13/09/2018 14:29	4900,136	17,42	16,8	17,11
13/09/2018 14:29	4900,136	17,49	16,85	17,17
13/09/2018 14:29	4916,964	17,55	16,9	17,225
13/09/2018 14:29	4927,06	17,62	17,01	17,315
13/09/2018 14:29	4940,522	17,68	17,08	17,38
13/09/2018 14:29	4953,984	17,71	17,12	17,415
13/09/2018 14:29	4960,715	17,77	17,16	17,465
13/09/2018 14:29	4974,177	17,83	17,2	17,515
13/09/2018 14:29	4987,639	17,9	17,24	17,57
13/09/2018 14:29	5001,101	17,96	17,28	17,62
13/09/2018 14:29	5007,831	18	17,32	17,66
13/09/2018 14:29	5014,563	18,07	17,36	17,715
13/09/2018 14:29	5014,563	18,13	17,55	17,84
13/09/2018 14:30	4994,385	18,2	17,59	17,895
13/09/2018 14:30	5001,117	18,27	17,63	17,95
13/09/2018 14:30	5001,117	18,36	17,66	18,01
13/09/2018 14:30	5011,213	18,44	17,7	18,07
13/09/2018 14:30	5024,674	18,5	17,74	18,12
13/09/2018 14:30	5034,771	18,61	17,78	18,195
13/09/2018 14:30	5048,233	18,67	17,81	18,24
13/09/2018 14:30	5054,964	18,73	17,85	18,29
13/09/2018 14:30	5068,426	18,78	17,88	18,33
13/09/2018 14:30	5081,888	18,9	17,92	18,41

13/09/2018 14:30	5095,35	18,95	17,95	18,45
13/09/2018 14:30	5091,985	18,99	17,99	18,49
13/09/2018 14:30	5105,446	19,04	18,03	18,535
13/09/2018 14:30	5115,543	19,08	18,06	18,57
13/09/2018 14:30	5125,64	19,13	18,1	18,615
13/09/2018 14:31	5135,736	19,17	18,13	18,65
13/09/2018 14:31	5145,833	19,22	18,16	18,69
13/09/2018 14:31	5155,929	19,26	18,19	18,725
13/09/2018 14:31	5155,868	19,3	18,23	18,765
13/09/2018 14:31	5162,598	19,35	18,26	18,805
13/09/2018 14:31	5172,695	19,4	18,3	18,85
13/09/2018 14:31	5182,791	19,44	18,33	18,885
13/09/2018 14:31	5192,887	19,48	18,36	18,92
13/09/2018 14:31	5202,984	19,53	18,39	18,96
13/09/2018 14:31	5209,714	19,57	18,42	18,995
13/09/2018 14:31	5216,446	19,61	18,45	19,03
13/09/2018 14:31	5223,177	19,65	18,48	19,065
13/09/2018 14:31	5216,446	19,7	18,51	19,105
13/09/2018 14:31	5229,907	19,74	18,54	19,14
13/09/2018 14:31	5236,639	19,77	18,57	19,17
13/09/2018 14:32	5243,37	19,81	18,59	19,2
13/09/2018 14:32	5250,1	19,85	18,62	19,235
13/09/2018 14:32	5256,831	19,89	18,65	19,27
13/09/2018 14:32	5263,562	19,92	18,68	19,3
13/09/2018 14:32	5270,293	19,97	18,71	19,34
13/09/2018 14:32	5277,024	20,01	19,03	19,52
13/09/2018 14:32	5280,416	20,04	19,06	19,55
13/09/2018 14:32	5283,781	20,08	19,08	19,58
13/09/2018 14:32	5293,877	20,11	19,1	19,605
13/09/2018 14:32	5283,781	20,15	19,21	19,68
13/09/2018 14:32	5290,512	20,18	19,24	19,71
13/09/2018 14:32	5300,608	20,22	19,26	19,74
13/09/2018 14:32	5310,705	20,27	19,29	19,78
13/09/2018 14:32	5317,436	20,3	19,31	19,805
13/09/2018 14:32	5324,167	20,33	19,33	19,83
13/09/2018 14:33	5330,897	20,36	19,35	19,855
13/09/2018 14:33	5334,263	20,39	19,38	19,885
13/09/2018 14:33	5337,628	20,43	19,4	19,915
13/09/2018 14:33	5344,36	20,46	19,42	19,94
13/09/2018 14:33	5347,725	20,49	19,44	19,965
13/09/2018 14:33	5351,09	20,54	19,46	20
13/09/2018 14:33	5357,822	20,57	19,48	20,025
13/09/2018 14:33	5364,552	20,6	19,5	20,05
13/09/2018 14:33	5364,552	20,63	19,52	20,075
13/09/2018 14:33	5371,305	20,66	19,54	20,1
13/09/2018 14:33	5378,035	20,68	19,56	20,12
13/09/2018 14:33	5364,573	20,71	19,58	20,145
13/09/2018 14:33	5371,305	20,74	19,6	20,17
13/09/2018 14:33	5378,035	20,77	19,62	20,195

13/09/2018 14:33	5384,767	20,82	19,64	20,23
13/09/2018 14:34	5391,498	20,84	19,66	20,25
13/09/2018 14:34	5391,498	20,87	19,68	20,275
13/09/2018 14:34	5394,863	20,9	19,7	20,3
13/09/2018 14:34	5404,959	20,92	19,72	20,32
13/09/2018 14:34	5408,325	20,95	19,73	20,34
13/09/2018 14:34	5411,69	20,97	19,75	20,36
13/09/2018 14:34	5418,421	21	19,77	20,385
13/09/2018 14:34	5421,787	21,02	19,79	20,405
13/09/2018 14:34	5428,518	21,04	19,8	20,42
13/09/2018 14:34	5431,883	21,07	19,82	20,445
13/09/2018 14:34	5431,883	21,11	19,84	20,475
13/09/2018 14:34	5435,249	21,13	19,86	20,495
13/09/2018 14:34	5445,284	21,16	19,87	20,515
13/09/2018 14:34	5445,284	21,19	19,89	20,54
13/09/2018 14:34	5452,015	21,21	19,91	20,56
13/09/2018 14:35	5458,746	21,24	19,93	20,585
13/09/2018 14:35	5458,746	21,26	19,95	20,605
13/09/2018 14:35	5465,477	21,28	19,97	20,625
13/09/2018 14:35	5455,38	21,31	19,99	20,65
13/09/2018 14:35	5465,477	21,33	20,01	20,67
13/09/2018 14:35	5472,208	21,36	20,03	20,695
13/09/2018 14:35	5475,573	21,39	20,05	20,72
13/09/2018 14:35	5472,208	21,42	20,07	20,745
13/09/2018 14:35	5478,938	21,44	20,09	20,765
13/09/2018 14:35	5485,669	21,47	20,1	20,785
13/09/2018 14:35	5489,035	21,49	20,12	20,805
13/09/2018 14:35	5499,131	21,52	20,14	20,83
13/09/2018 14:35	5505,862	21,54	20,16	20,85
13/09/2018 14:35	5512,593	21,57	20,18	20,875
13/09/2018 14:35	5512,593	21,59	20,19	20,89
13/09/2018 14:36	5519,354	21,62	20,21	20,915
13/09/2018 14:36	5526,085	21,63	20,23	20,93
13/09/2018 14:36	5526,085	21,69	20,25	20,97
13/09/2018 14:36	5532,815	21,76	20,27	21,015
13/09/2018 14:36	5536,181	21,77	20,28	21,025
13/09/2018 14:36	5539,547	21,79	20,31	21,05
13/09/2018 14:36	5546,277	21,79	20,33	21,06
13/09/2018 14:36	5549,643	21,8	20,35	21,075
13/09/2018 14:36	5553,008	21,79	20,36	21,075
13/09/2018 14:36	5556,374	21,79	20,38	21,085
13/09/2018 14:36	5546,277	21,79	20,4	21,095
13/09/2018 14:36	5553,008	21,79	20,42	21,105
13/09/2018 14:36	5553,008	21,79	20,43	21,11
13/09/2018 14:36	5559,74	21,79	20,45	21,12
13/09/2018 14:36	5566,47	21,79	20,47	21,13
13/09/2018 14:37	5573,201	21,8	20,48	21,14
13/09/2018 14:37	5576,567	21,81	20,5	21,155
13/09/2018 14:37	5579,933	21,83	20,51	21,17

13/09/2018 14:37	5583,322	21,87	20,53	21,2
13/09/2018 14:37	5586,688	21,93	20,55	21,24
13/09/2018 14:37	5590,053	21,97	20,57	21,27
13/09/2018 14:37	5593,419	21,99	20,58	21,285
13/09/2018 14:37	5600,149	22,02	20,6	21,31
13/09/2018 14:37	5603,515	22,05	20,62	21,335
13/09/2018 14:37	5606,88	22,09	20,63	21,36
13/09/2018 14:37	5606,88	22,11	20,65	21,38
13/09/2018 14:37	5606,88	22,15	20,66	21,405
13/09/2018 14:37	5613,612	22,26	20,68	21,47
13/09/2018 14:37	5620,342	22,29	20,69	21,49
13/09/2018 14:37	5620,342	22,31	20,71	21,51
13/09/2018 14:38	5627,074	22,33	20,72	21,525
13/09/2018 14:38	5623,708	22,35	20,74	21,545
13/09/2018 14:38	5627,074	22,36	20,75	21,555
13/09/2018 14:38	5633,805	22,38	20,77	21,575
13/09/2018 14:38	5640,535	22,4	20,78	21,59
13/09/2018 14:38	5637,17	22,41	20,79	21,6
13/09/2018 14:38	5627,012	22,42	20,81	21,615
13/09/2018 14:38	5627,012	22,43	20,83	21,63
13/09/2018 14:38	5633,743	22,44	20,84	21,64
13/09/2018 14:38	5633,743	22,46	20,86	21,66
13/09/2018 14:38	5640,475	22,46	20,87	21,665
13/09/2018 14:38	5647,205	22,56	20,89	21,725
13/09/2018 14:38	5647,205	22,57	20,9	21,735
13/09/2018 14:38	5650,571	22,58	20,91	21,745
13/09/2018 14:38	5653,936	22,58	20,93	21,755
13/09/2018 14:39	5657,302	22,59	21,26	21,925
13/09/2018 14:39	5660,667	22,61	21,29	21,95
13/09/2018 14:39	5660,667	22,65	21,3	21,975
13/09/2018 14:39	5664,032	22,66	21,31	21,985
13/09/2018 14:39	5667,398	22,67	21,32	21,995
13/09/2018 14:39	5667,398	22,68	21,33	22,005
13/09/2018 14:39	5670,763	22,69	21,34	22,015
13/09/2018 14:39	5674,129	22,7	21,35	22,025
13/09/2018 14:39	5674,129	22,71	21,36	22,035
13/09/2018 14:39	5677,526	22,72	21,37	22,045
13/09/2018 14:39	5680,892	22,73	21,38	22,055
13/09/2018 14:39	5684,257	22,75	21,39	22,07
13/09/2018 14:39	5684,257	22,76	21,4	22,08
13/09/2018 14:39	5684,257	22,78	21,41	22,095
13/09/2018 14:39	5687,623	22,84	21,42	22,13
13/09/2018 14:40	5687,623	22,85	21,43	22,14
13/09/2018 14:40	5694,354	22,86	21,44	22,15
13/09/2018 14:40	5694,354	22,88	21,45	22,165
13/09/2018 14:40	5694,354	22,89	21,46	22,175
13/09/2018 14:40	5697,719	22,9	21,47	22,185
13/09/2018 14:40	5701,084	22,92	21,48	22,2
13/09/2018 14:40	5704,45	22,93	21,49	22,21

13/09/2018 14:40	5701,084	22,94	21,5	22,22
13/09/2018 14:40	5707,816	22,96	21,51	22,235
13/09/2018 14:40	5707,816	22,97	21,52	22,245
13/09/2018 14:40	5711,181	22,98	21,53	22,255
13/09/2018 14:40	5711,181	23	21,53	22,265
13/09/2018 14:40	5714,573	23,01	21,54	22,275
13/09/2018 14:40	5717,938	23,03	21,55	22,29
13/09/2018 14:40	5717,938	23,04	21,56	22,3
13/09/2018 14:41	5721,303	23,05	21,57	22,31
13/09/2018 14:41	5721,303	23,07	21,58	22,325
13/09/2018 14:41	5724,669	23,11	21,59	22,35
13/09/2018 14:41	5728,035	23,13	21,6	22,365
13/09/2018 14:41	5728,035	23,14	21,61	22,375
13/09/2018 14:41	5728,035	23,16	21,62	22,39
13/09/2018 14:41	5734,766	23,17	21,63	22,4
13/09/2018 14:41	5734,766	23,19	21,63	22,41
13/09/2018 14:41	5714,573	23,19	21,65	22,42
13/09/2018 14:41	5721,303	23,15	21,66	22,405
13/09/2018 14:41	5724,669	23,12	21,67	22,395
13/09/2018 14:41	5728,035	23,16	21,68	22,42
13/09/2018 14:41	5731,4	23,15	21,69	22,42
13/09/2018 14:41	5734,766	23,1	21,7	22,4
13/09/2018 14:41	5738,131	23,1	21,7	22,4
13/09/2018 14:42	5738,151	23,12	21,71	22,415
13/09/2018 14:42	5741,517	23,12	21,72	22,42
13/09/2018 14:42	5741,517	23,12	21,73	22,425
13/09/2018 14:42	5741,517	23,13	21,74	22,435
13/09/2018 14:42	5744,883	23,14	21,75	22,445
13/09/2018 14:42	5748,248	23,16	21,75	22,455
13/09/2018 14:42	5748,248	23,15	21,76	22,455
13/09/2018 14:42	5754,979	23,17	21,77	22,47
13/09/2018 14:42	5754,979	23,18	21,78	22,48
13/09/2018 14:42	5754,979	23,19	21,79	22,49
13/09/2018 14:42	5754,979	23,2	21,79	22,495
13/09/2018 14:42	5758,345	23,21	21,8	22,505





Anexo 1



Innovación en Morteros para Construir



MICRO-CONCRETOS

ConcreMix® 240

Concreto instantáneo de alta resistencia inicial

Descripción

ConcreMix® 240 es un concreto premezclado de alta resistencia inicial que alcanza una resistencia a la compresión mayor a 240 kg/cm² a los 28 días, formulado con cemento, agregados (arena y piedra) de alta calidad libres de impurezas y aditivos promotores de resistencia. El tamaño máximo del agregado de ConcreMix® 240 es de 9,5 mm.

Usos

- Confección de concreto estructural para los distintos elementos de una construcción: vigas, columnas, contrapisos, fundaciones, etc.
- Construcción de obras civiles.
- Reparaciones, remodelaciones y ampliaciones de elementos de concreto.
- Obras que tienen difícil acceso a materiales.

Ventajas

- Desarrolla una resistencia a la compresión superior a 240 kg/cm² a los 28 días, con revenimientos de 10 cm a 14 cm.
- A los 7 días ha desarrollado entre el 70% y el 80% de la resistencia de diseño a la compresión.
- Continúa desarrollando resistencias después de los 28 días.
- Garantiza la adquisición de resistencias, para lograr una mayor uniformidad y mejor calidad del concreto.
- Más durable.
- Menor calor de hidratación produce un concreto más seguro en colocaciones masivas.
- Mayor densidad que un concreto estándar genera más impermeabilidad.
- Mayor resistencia al ataque químico.
- Mejor control del inventario de los materiales en la obra.
- Reducción del desperdicio y del desorden en el proyecto.
- Fácil de transportar.
- Fácil manipulación.
- Permite el trabajo simultáneo en varios frentes.
- Mayor velocidad en la obra.
- Menor requerimiento de mano de obra.
- Cumple las normas ASTM C 387 e INTE 06-08-08.



Contribuyente LEED
Aporta puntos de certificación

ConcreMix® 240

MRC5 Materiales regionales:	Hasta 2 puntos
EQc4.1 Bajas emisiones de VOC:	1 punto
MRC2 Desvío del vertedero:	Hasta 2 puntos

Usar este producto puede contribuir a la certificación LEED de proyectos.
Solicite la Hoja LEED INTACO para más detalles.

Modo de empleo

Preparación de la superficie:

La superficie debe estar limpia, bien adherida y libre de polvo, aceite, grasa, cera, pintura, eflorescencia y cualquier otro contaminante. Evite que la temperatura de la superficie supere los 30 °C en el momento de colocar el material.

Mezclado:

Añada ConcreMix® 240 al agua limpia de acuerdo con el cuadro de dosificación en Datos Técnicos. Mézclelos por medios mecánicos (concretera) durante 5 minutos hasta obtener una consistencia plástica y homogénea. Nunca añada más agua luego de la mezcla inicial.

Colocación:

Coloque y compacte con medios adecuados. Utilice un buen vibrador y procure buenas prácticas constructivas en la colocación de ConcreMix® 240.

Limpieza:

Lave las herramientas con agua y jabón, luego de su uso.

Curado:

ConcreMix® 240 requiere los mismos cuidados y el mismo curado que el concreto convencional. Extienda el curado con agua por al menos 7 días.



Innovación en Morteros para Construir



Presentación

	Costa Rica / Nicaragua / Panamá	Ecuador
Presentación	Sacos de 25 kg y de 40 kg	Sacos de 40 kg
Color	Gris	Gris

Rendimiento

Volumen requerido de mezcla	Cantidad de sacos	
	De 25 kg	De 40 kg
1 m ³	64	53

Un saco de 40 kg de ConcreMix® 240 produce aproximadamente 19 litros de mezcla. Los rendimientos son aproximados. Estos datos se ofrecen solamente como una guía.

Datos técnicos

Cumple las normas ASTM C 387 e INTE 08-08-08.

Revenimiento	Dosisificación de agua (litros) por saco				
	Costa Rica		Ecuador 40 kg		Panamá 40 kg
	25 kg	40 kg	Región Sur	Región Norte	
De 5 cm a 7,5 cm	2,1-2,2	3,4-3,5	4,9-5,0	4,6-4,7	3,4-3,5
De 10 cm a 14 cm	2,3-2,4	3,7-3,9	5,1-5,15	4,8-4,85	-

Información	Costa Rica	Ecuador
Contenido VOC	0,0	0,0
Resistencia compresión ASTM C 39 (MPa)	7 días	≥ 19,3
	28 días	≥ 25,4

*Datos obtenidos con mezclado por medios mecánicos (concretera).

Recomendaciones

El exceso de agua en la mezcla disminuye las propiedades mecánicas y la calidad del concreto. El producto debe estar fresco en el momento de la colocación. No utilice agua para mezclar con temperatura mayor de 25° C. Procure no hacer colocaciones de ConcreMix® 240 si se encuentra lloviendo o si se prevé que va a llover. En caso de estructuras ya fundidas, protéjalas con plástico. El tiempo de almacenamiento es de 6 meses en su empaque original cerrado, en un lugar fresco, seco, cerrado y bajo techo.

Precauciones

Puede producir irritación o quemaduras en ojos, piel y vías respiratorias. Use equipo de protección personal adecuado. Ventile el área de uso.

Primeros auxilios:

Contacto con ojos, lave con agua por 15 minutos. Ingestión, tome agua. Irritación de piel, problemas respiratorios o en caso de intoxicación, lleve al paciente al médico y aporte el empaque de este producto o la Hoja de Seguridad.

Garantía

INTACO garantiza que este producto está libre de defectos y que se desempeñará de la manera descrita en la hoja técnica, siempre y cuando se sigan las instrucciones de aplicación y recomendaciones del fabricante. INTACO repondrá el valor de compra de cualquier producto que se pruebe defectuoso. INTACO no se responsabiliza por daños indirectos, consecuentes o resultantes del mal uso del producto, negligencia o incumplimiento de las condiciones de la garantía. Los datos de dosisificación y rendimientos son susceptibles de variación debido a las condiciones particulares de cada construcción. Es responsabilidad del cliente comprobarlos y definirlos en cada obra. INTACO se reserva el derecho de modificar la actual ficha técnica sin previo aviso.

Última versión CT: 2017-09-25



Costa Rica
Tel • (506) 2205-3333
Email • clientes.cr@intaco.com

Ecuador
Tel • (593-4) 373-1555
Email • clientes.ec@intaco.com

Nicaragua
Tel • (505) 2298-0120
Email • clientes.cr@intaco.com

Panamá
Tel • (507) 840-1200
Email • clientes.pa@intaco.com



Innovación en Morteros para Construir



CONSTRUCCIÓN Y REVESTIMIENTO DE PAREDES

Pegablok® Tipo S

Mortero para pegar bloques de alta compresión

Descripción

Pegablok® Tipo S es un mortero cementicio modificado con aditivos de alta calidad y cal hidratada, especialmente formulado para la instalación de bloques de concreto y ladrillo de alta compresión en interiores y exteriores, sobre y bajo nivel de tierra. Cumple con los requisitos del Código Sísmico de Costa Rica 2010.

Usos

- Paredes de bloques de alta compresión.
- Paredes sujetas a esfuerzos laterales moderados de tierra y de viento.
- Sobre y bajo nivel de tierra.
- Exteriores e interiores.
- Para mampostería reforzada o sin refuerzo.

Ventajas

- Cumple con los requisitos del Código Sísmico de Costa Rica 2010.
- Excelente trabajabilidad y plasticidad.
- Alta retención de agua evita la necesidad de ajustar la consistencia con agua durante la aplicación del mortero.
- Calidad constante, mezcla predosificada.
- Evita agrietamientos y fisuras en paredes.
- Excelente adherencia, no descuelga.
- Facilita dar un mejor acabado a la junta.
- Reduce el desperdicio y se logra mayor limpieza en el trabajo.
- Aumenta la productividad en obra, al aumentar la velocidad de instalación de bloques.
- Facilita la estimación de costos.
- Mayor bienestar al requerir menos esfuerzo físico.
- Excelente combinación entre resistencia, trabajabilidad y economía.
- Fácil de preparar, sólo agregue agua.
- Duradero, contiene arena de alta calidad, limpia y libre de sales de cloruro.
- Cumple las normas INTE 06-03-04-2010 Tipo S, INTE 06-08-08-2010, NTE INEN 2518 Tipo S, ASTM C 270 Tipo S y ASTM C 387.



Contribuyente LEED
Aporta puntos de certificación

Pegablok® Tipo S

MRC5 Materiales regionales:	Hasta 2 puntos
IEQc4.1 Bajas emisiones de VOC:	1 punto
MRC2 Desvío del vertedero:	Hasta 2 puntos

Usar este producto puede contribuir a la certificación LEED de proyectos. Solicite la Hoja LEED INTACO para más detalles.

Modo de empleo

Preparación de la superficie:

La superficie que vaya a estar en contacto con Pegablok® Tipo S debe estar limpia, bien adherida y libre de polvo, aceite, grasa, cera, pintura, eflorescencia y cualquier otro contaminante. Evite que la temperatura de la superficie supere los 30 °C en el momento de colocar el mortero. Limpie los lados de los bloques para asegurar una buena adherencia con el mortero.

Mezclado:

Añada Pegablok® Tipo S al agua limpia de acuerdo con el cuadro de dosificación en Datos Técnicos. Mézclelos hasta obtener un mortero plástico y homogéneo.

Colocación:

Establezca las guías para la instalación y extienda una capa uniforme de Pegablok® Tipo S en la base. Asiente cada uno de

los bloques sobre una capa uniforme de mortero respetando el aplomo y el nivel. Cada bloque debe tener mortero en la junta vertical antes de ser instalado. Presione hacia abajo y hacia el bloque colocado anteriormente. Recoja el exceso de mortero de la junta. Verifique constantemente el alineamiento de la pared. Dé acabado a las juntas con un sisador cuando el mortero haya obtenido una leve dureza. Proteja este producto de la lluvia y de vibraciones fuertes por un mínimo de 8 horas.

Limpieza:

Lave las herramientas con agua y jabón, luego de su uso.

Curado:

Se recomienda empezar el curado con agua a partir del día siguiente después de la colocación y extenderlo por 72 horas.



Innovación en Morteros para Construir

Presentación

	Costa Rica / Ecuador / Nicaragua / Panamá
Presentación	Saco de 40 kg
Color	Gris

Rendimiento

Dimensiones del bloque (cm x cm x cm)	Espesor de la junta	Cantidad de bloques por saco de 40 kg
7 x 19 x 39	10 mm	23 – 26
9 x 19 x 39		19 – 22
12 x 19 x 39		17 – 20
15 x 19 x 39		12 – 15
19 x 19 x 40		10 – 12
7 x 19 x 39	15 mm	20 – 22
9 x 19 x 39		17 – 19
12 x 19 x 39		15 – 17
15 x 19 x 39		10 – 12
19 x 19 x 40		8 – 10

Un saco de 40 kg de Pegablok® produce aproximadamente 20 litros de mortero. Los rendimientos son aproximados y varían de acuerdo con el ancho de la junta y las dimensiones del bloque. Estos datos se ofrecen solamente como una guía.

Datos técnicos

Cumple las normas ASTM C 270, Tipo S; INTE 06-03-04-2010, Tipo S; NTE INEN 2518, Tipo S.

Cumple las normas ASTM C 387; INTE 06-08-08-2010.

Dosificación de agua	Costa Rica / Nicaragua
Cantidad	6,2 L a 6,7 L
Presentación	40 kg

		Requerimientos Tipo S		Resultados	
Información		INTE 06-03-4:2010 ASTM C 270	Costa Rica / Nicaragua	Panamá	
Flujo ASTM C 1437	%	110 ± 5	111	110	
Contenido aire ASTM C 231	%	≤ 12	7,0	4,2	
Contenido VOC	g/L	-	0,0	0,0	
Retención agua ASTM C 1506	%	≥ 75	≥ 75	≥ 75	
Resistencia compresión ASTM C 109 (kg/cm ²)	7 días	-	97,2	-	
	28 días	≥ 126,4	146,5	160,1	

Nota: En pruebas de laboratorio corridas por INTACO, Pegablok® Tipo S sometido a cámara de humedad por 12 meses no mostró ningún deterioro. Por el contrario, su resistencia con respecto a la de los 28 días se vio incrementada.

Recomendaciones

Puede agregar pequeñas dosis de agua adicionales durante la utilización del mortero para mantener una consistencia adecuada y maximizar la adherencia, pero deseche el producto luego de 2 horas de haber sido mezclado. Procure una forma cóncava en la junta para mejorar la adherencia y la impermeabilidad. Los bloques y el producto deben estar frescos en el momento de la instalación. No utilice agua para mezclar con temperatura mayor de 25 °C. Procure no construir paredes de bloques si se encuentra lloviendo o si se prevé que va a llover. En caso de paredes ya instaladas, protéjalas con plástico. En la medida de lo posible, utilice una máquina morterera para realizar la mezcla. El tiempo de almacenamiento es de 6 meses en su empaque original cerrado, en un lugar fresco, seco, cerrado y bajo techo.

Precauciones

Puede producir irritación o quemaduras en ojos, piel y vías respiratorias. Use equipo de protección personal adecuado. Ventile el área de uso.

Primeros auxilios:

Contacto con ojos, lave con agua por 15 minutos. Ingestión, tome agua. Irritación de piel, problemas respiratorios o en caso de intoxicación, lleve al paciente al médico y aporte el empaque de este producto o la Hoja de Seguridad.

Garantía

INTACO garantiza que este producto está libre de defectos y que se desempeñará de la manera descrita en la hoja técnica, siempre y cuando se sigan las instrucciones de aplicación y recomendaciones del fabricante. INTACO repondrá el valor de compra de cualquier producto que se pruebe defectuoso. INTACO no se responsabiliza por daños indirectos, consecuentes o resultantes del mal uso del producto, negligencia o incumplimiento de las condiciones de la garantía. Los datos de dosificación y rendimientos son susceptibles de variación debido a las condiciones particulares de cada construcción. Es responsabilidad del cliente comprobarlos y definirlos en cada obra. INTACO se reserva el derecho de modificar la actual ficha técnica sin previo aviso.

Última versión CT: 2016-10-14



Costa Rica
Tel • (506) 2205-3333
Email • clientes.cr@intaco.com

Ecuador
Tel • (593-4) 373-1555
Email • clientes.ec@intaco.com

Nicaragua
Tel • (505) 2298-0120
Email • clientes.cr@intaco.com

Panamá
Tel • (507) 840-1200
Email • clientes.pa@intaco.com



Innovación en Morteros para Construir



MICRO-CONCRETOS

CRC® Convencional

Concreto de relleno de celdas de bloques

Descripción

CRC® Convencional es un microconcreto con agregados de granulometría controlada y modificado con aditivos, especialmente formulado para el relleno de bloques de concreto y arcilla en interiores y exteriores, sobre y bajo nivel de tierra.

Usos

- Bloques con celdas de 8 cm x 8 cm en adelante.
- Paredes de mampostería.
- Paredes sujetas a esfuerzos laterales pesados de tierra y de viento.
- Sobre y bajo nivel de tierra.
- Exteriores e interiores.
- Para mampostería reforzada o sin refuerzo.

Ventajas

- Calidad constante, mezcla predosificada.
- Diseño granulométrico que evita la segregación durante la colocación.
- Consistencia fluida que facilita el acomodo dentro de las celdas.
- Propicia paredes de mampostería más durables y estructuralmente sanas.
- Reduce el desperdicio y se logra mayor limpieza en el trabajo.
- Aumenta la productividad en obra, al aumentar la velocidad de relleno de bloques.
- Facilita la estimación de costos.
- Mayor bienestar al requerir menos esfuerzo físico.
- Excelente combinación entre resistencia, trabajabilidad y economía.
- Fácil de preparar, sólo agregue agua.
- Duradero, contiene agregados de alta calidad, limpios y libres de sales de cloruro.
- Cumple las normas ASTM C 476-10 e INTE 06-03-03: 2011.



CRC® Convencional	
MRC5 Materiales regionales:	Hasta 2 puntos
IEQc4.1 Bajas emisiones de VOC:	1 punto
MRC2 Desvío del vertedero:	Hasta 2 puntos

Usar este producto puede contribuir a la certificación LEED de proyectos. Solicite la Hoja LEED INTACO para más detalles.

Modo de empleo

Preparación de la mampostería:

La superficie interna de los bloques debe estar limpia. Elimine obstrucciones o acumulaciones de mortero de pega dentro de los bloques para asegurar que el concreto pueda entrar correctamente. Evite que la temperatura de la superficie supere los 30 °C en el momento de colocar el concreto. Procure que los bloques estén secos en el momento de rellenar las celdas. Abra una ventana de control en la primera hilada de bloques (en la base del muro) para sacar los escombros de mortero de pega de bloques y para asegurar que el concreto de relleno llegue hasta el fondo. La mampostería que será rellena debe haber obtenido la suficiente dureza y estar firme para soportar la presión del material.

Mezclado:

Añada CRC® Convencional al agua limpia de acuerdo con el cuadro de dosificación en Datos Técnicos. Mézclelos por al menos

5 minutos hasta obtener una consistencia fluida y homogénea. Nunca añada más agua luego de la mezcla inicial.

Colocación:

Coloque CRC® Convencional dentro de todas las celdas que lleven acero de refuerzo y adicionalmente en aquellas que sean especificadas en el diseño de la mampostería, desde una altura máxima de 1,80 m. Procure mediante el vibrado eliminar los vacíos luego de colocar el concreto y reconsolide mientras la mezcla esté aun en estado plástico.

Limpieza:

Lave las herramientas con agua y jabón, luego de su uso.



Innovación en Morteros para Construir

Presentación

Costa Rica / Nicaragua / Panamá	
Presentación	Saco de 40 kg
Color	Gris

Rendimiento

Dimensiones del bloque (cm x cm x cm)	Cantidad de celdas rellenas verticalmente por saco de 40 kg
12 x 19 x 39	8 – 9
15 x 19 x 39	6 – 7
19 x 19 x 40	4 – 5

Volumen requerido de mezcla	Cantidad de sacos
	De 40 kg
1 m ³	48

Un saco de 40 kg de CRC® Convencional produce aproximadamente 21 litros de mezcla. Los rendimientos son aproximados y varían de acuerdo con el ancho de la junta y las dimensiones del bloque. Estos datos se ofrecen solamente como una guía. Los tabiques de los bloques deben estar completamente sellados para evitar pérdidas de material.

Datos técnicos

Cumple las normas ASTM C 476-10 e INTE 06-03-03: 2011.

Dosificación de agua	Costa Rica / Nicaragua / Panamá
Cantidad	4,5 L a 6,0 L
Presentación	40 kg

Información		Costa Rica / Nicaragua / Panamá
Contenido VOC	g/L	0,0
Revenimiento ASTM C 143M	cm	20 – 25
Tamaño máximo de partícula	mm	< 12
Resistencia compresión ASTM C 1019 (kg/cm ²)	28 días	≥ 175

Recomendaciones

El exceso de agua en la mezcla disminuye las propiedades mecánicas y la calidad del concreto. Los bloques y el producto deben estar frescos en el momento de la instalación. No utilice agua para mezclar con temperatura mayor de 25 °C. Procure no construir paredes de bloques si se encuentra lloviendo o si se prevé que va a llover. En caso de paredes ya instaladas, protéjalas con plástico. El tiempo de almacenamiento es de 6 meses en su empaque original cerrado, en un lugar fresco, seco, cerrado y bajo techo.

Precauciones

Puede producir irritación o quemaduras en ojos, piel y vías respiratorias. Use equipo de protección personal adecuado. Ventile el área de uso.

Primeros auxilios:

Contacto con ojos, lave con agua por 15 minutos. Ingestión, tome agua. Irritación de piel, problemas respiratorios o en caso de intoxicación, lleve al paciente al médico y aporte el empaque de este producto o la Hoja de Seguridad.

Garantía

INTACO garantiza que este producto está libre de defectos y que se desempeñará de la manera descrita en la hoja técnica, siempre y cuando se sigan las instrucciones de aplicación y recomendaciones del fabricante. INTACO repondrá el valor de compra de cualquier producto que se pruebe defectuoso. INTACO no se responsabiliza por daños indirectos, consecuentes o resultantes del mal uso del producto, negligencia o incumplimiento de las condiciones de la garantía. Los datos de dosificación y rendimientos son susceptibles de variación debido a las condiciones particulares de cada construcción. Es responsabilidad del cliente comprobarlos y definirlos en cada obra. INTACO se reserva el derecho de modificar la actual ficha técnica sin previo aviso.

Última versión CT: 2016-10-18



Costa Rica
Tel • (506) 2205-3333
Email • clientes.cr@intaco.com

Ecuador
Tel • (593-4) 373-1555
Email • clientes.ec@intaco.com

Nicaragua
Tel • (505) 2298-0120
Email • clientes.cr@intaco.com

Panamá
Tel • (507) 840-1200
Email • clientes.pa@intaco.com

HOJA TECNICA DE PRODUCTO

Sika® CarboDur®

PLATINAS DE FIBRA DE CARBONO PARA REFUERZO ESTRUCTURAL

DESCRIPCION

Las platinas **Sika CarboDur** son polímeros reforzados con fibras de carbono pultrusionadas (CFRP) diseñadas para el refuerzo de estructuras de concreto, madera y acero. Las platinas **Sika CarboDur** se pegan a la estructura como una armadura externa usando la resina epóxica **Sikadur-30**, (para ver más detalles del adhesivo consultar la hoja técnica del producto correspondiente).

USOS

Reforzamientos debidos a:

Incrementos de cargas

- Incremento de la capacidad resistente en losas y vigas.
- Aumento de tráfico pesado en puentes.
- Instalación de maquinaria pesada en edificios industriales.
- Estructuras sometidas a vibraciones.
- Cambios de uso de la estructura.

Daños de elementos estructurales.

- Envejecimiento de los materiales de la estructura.
- Corrosión de las armaduras
- Impactos sobre la estructura.
- Acción del fuego.
- Sismos

Mejora de las condiciones de servicio

- Disminución de flechas y deformaciones.
- Corrosión de las armaduras con disminución de secciones útiles.
- Disminución del ancho de grietas.
- Reducción de la fatiga.

Cambio del esquema estructural

- Eliminación de muros o columnas.
- Apertura de huecos en losas para la instalación de ascensores, escaleras.

Cambios por especificación

- Sismos
- Cambio del esquema estructural.

Defectos de proyecto o construcción

- Armadura insuficiente.
- Defectos de ejecución.

VENTAJAS

- No se corroe
- Muy altas resistencias
- Excelente durabilidad.
- Ligero y de poco peso
- Disponible en cualquier longitud, no requiere juntas.
- Espesor total pequeño, puede ser cubierto.
- Fácil de transportar (rollos).
- Fácil solape y entrecruzamiento entre platinas.
- Muy fácil de instalar, especialmente en techos
- Excelente resistencia a fatiga.
- Requiere una preparación mínima de la platina

- Elevados módulos de elasticidad.
- Resistente a ataques alcalinos.
- Los extremos de las platinas están limpios sin fibras al descubierto gracias al proceso de pultrusión.
- Certificados disponibles de distintos países.

Ensayos

Certificados/ Normativa/
Guías de diseño

Deutsches Institut für Bautechnik Z-36.12-29, 2002: General Construction Authorisation for **Sika CarboDur**.
SOCOTEC Rapport No. HX0823, 2000: Rapport d' enquete technique/cahier des- charles- **Sika CarboDur/ Sika Wrap** (Francia).
NBI Teknisk Godkjenning, NBI Technical Approval, No. 2178, 2001, (Noruega).
ZAG, Technical Approval No. S418/99-620-2, za uporabo nacina ojacitev armirano betonskih in prednapetih elementov konstrukcij z dolepljenjem lamel iz karbonskih vlaken "**Sika CarboDur**" v Republiki Slononiji (Eslovenia).
TSUS, Building Testing and Research Institutes, technical approval No. 5502A/02/0633/0/004, 2003: Systém dodatočného zosilňovania zelezobetónových a drevených konštrukcií **Sika CarboDur** (Eslovaquia).
Instytut badawczy drog i mostow, technical approval No. AT/2003-04-0336, System materialow **Sika CarboDur** do wzmacniania konstrukcji obiektow mostowych (Polonia).
ACI 440. 2R-08, Guía para el diseño y construcción de refuerzo de estructuras de hormigón armado con sistemas a base de fibra de carbono pegados externamente.
Fib, Technical Report, bulletin 14: Refuerzo de estructuras de hormigón armado con materiales compuestos pegados externamente., Julio 2001 (Internacional).
Concrete Society Technical Report No 55, Guía de diseño para refuerzo de estructuras de hormigón con materiales compuestos. (Reino Unido).
SIA 166, Klebebewehrungen, 2003 /2004 (CH).

Datos del Producto

Platinas Sika CarboDur CFRP

Apariencia/Color

Matriz de polímeros (resina epóxica) reforzada con fibra de carbono, negro.

Presentación

En las longitudes deseadas y en rollos de 100 m en cajas reciclables.

Almacenamiento

Condiciones de Almacenamiento/ Conservación Ilimitada (sin exposición directa al sol, seco).

Datos Técnicos

Densidad	1.60 g/cm ³
Resistencia térmica	>150°C
Contenido volumétrico de fibra	>68% (tipo S)
Tipos	
Sika CarboDur S	Modulo de elasticidad 165.000 N/ mm ²
Tipo	Ancho Espesor Sección
Sika CarboDur S512/80	50 mm 1.2 mm 60 mm ²
Sika CarboDur S1012/160	100 mm 1.2 mm 120 mm ²

Propiedades Mecánicas/ Físicas

Propiedades de las platinas

	Sika CarboDur S
Modulo elástico* (valor medio)	165.000 N/mm ²
Modulo elástico* (valor mínimo)	> 160.000 N/mm ²
Valor medio de la resistencia a tracción* (valor medio) 3.100 N/mm ²	
Resistencia a tracción* (valor mínimo)	>2.800 N/mm ²
Alargamiento a rotura* (valor mínimo)	> 1,70 %
Deformación de diseño**	0,85 %

* Valores mecánicos obtenidos según la dirección longitudinal de las fibras.

** Se deberían utilizar estos valores para el diseño del refuerzo como la máxima deformación admisible de las platinas y deben ser adaptados a las normas de



diseño locales si fuera necesario. Dependiendo del tipo de estructura y localización de la carga el ingeniero responsable del proyecto deberá minorar estos valores de acuerdo a las normas.

Información del Sistema Sika Carbodur + Sikadur 30

Consumo

Ancho de la platina	Sikadur-30
50 mm	0,35 kg/m
100 mm	0,80 kg/m

Dependiendo de la rugosidad y planeidad del soporte, de si es necesario cruzar platinas o de las pérdidas de material, el consumo puede ser más alto.

Calidad del soporte

Planicidad

(Según FIB 14)

La superficie que se va reforzar tiene que estar nivelada con resaltos y oquedades menores de 0,5 mm. Se debe comprobar la planeidad y nivelación de la superficie con una regla. Para regla de 2 m, la tolerancia máxima es de 10 mm y para regla de 0,3 m de longitud 4 mm. Las tolerancias serán más restrictivas si la normativa local lo exige. Se debe verificar la resistencia del soporte en todos los casos (concreto, mampostería, piedra natural). La resistencia al arrancamiento del adhesivo sobre la superficie de concreto tratado debe ser mayor de 2,0 N/mm², mín. 1,5 N/mm². Si estos valores no pueden ser alcanzados, consultar la hoja técnica del producto del tejido SikaWrap para buscar soluciones Sika alternativas. El concreto debe tener una edad mínima de 28 días (tener en cuenta la adquisición de resistencias en función de las condiciones ambientales).

Preparación del soporte

Concreto y mampostería

Las superficies deben estar secas, limpias y exentas de lechadas superficiales, hielo, agua estancada, grasas, aceites, tratamientos superficiales o pinturas antiguas y partículas mal adheridas. El concreto debe ser limpiado y preparado hasta obtener una superficie de poro abierto, limpia y sin contaminantes. Para reparar las imperfecciones o defectos superficiales se deben utilizar materiales de reparación estructural tales como **Sikadur-41** mortero de reparación o **Sikadur-31**, mezclado con la arena de cuarzo Sikadur 501 en relación 1:1 en peso. Si el mortero de reparación ha sido aplicado más de dos días antes de la colocación de la platina la superficie nivelada tiene que ser lijada para asegurar un pegado adecuado entre **Sikadur-41** y **Sikadur-30** (consultar las hojas técnicas de los producto correspondientes).

Madera

Se debe preparar la superficie mediante lijado o chorreado con arena. Se debe aspirar la superficie para eliminar el polvo.

Acero

Se debe preparar la superficie con chorro de arena hasta obtener una superficie libre de grasas, aceites, óxido y otros contaminantes que pudieran reducir la adhesión, con un grado de limpieza Sa 2.5. Usar imprimación (ver tabla).

Se debe evitar la condensación de agua (punto de rocío). Se puede imprimir con **Sikaguard-62** como imprimación de protección anticorrosión.

	+10°C	+20°C	+30°C
1) Máximo tiempo de espera -Chorreado del acero -Imprimación/ o Sikadur-30 , si no es necesaria imprimación anticorrosión.	48 horas	48 horas	48 horas
2) Mínimo tiempo de espera entre -Imprimación y -Aplicación de Sikadur-30 (sin preparación adicional de la imprimación).	48 horas	24 horas	12 horas
3) Máximo tiempo de espera entre -Imprimación -Aplicación de Sikadur-30 (sin preparación adicional de la imprimación).	7 días	3 días	36 horas



	<p>4) Tiempo de espera entre -Imprimación -Aplicación de Sikadur-30 (sin preparación adicional de la imprimación)*</p> <p style="text-align: right;">> 7 días >3 días >36 horas</p> <p>* Si la imprimación requiere preparación, se hará el día antes de la aplicación. Después de la preparación de la imprimación, se debe limpiar la superficie y aspirarla hasta obtener una superficie libre de polvo.</p> <p>Preparación de la platina Inmediatamente antes de la colocación de la platina limpiar la cara que vaya a ir pegada con Colmasolvente Epóxico para eliminar los contaminantes. Esperar a que la superficie se seque antes de aplicar el adhesivo.</p>								
Condiciones de Aplicación/Límites	<table border="0"> <tr> <td>Temperatura del soporte</td> <td>Ver hoja técnica del producto Sikadur-30</td> </tr> <tr> <td>Temperatura ambiente</td> <td>Ver hoja técnica del producto Sikadur-30</td> </tr> <tr> <td>Humedad del soporte</td> <td>Ver hoja técnica del producto Sikadur-30</td> </tr> <tr> <td>Punto de rocío</td> <td>Ver hoja técnica del producto Sikadur-30</td> </tr> </table>	Temperatura del soporte	Ver hoja técnica del producto Sikadur-30	Temperatura ambiente	Ver hoja técnica del producto Sikadur-30	Humedad del soporte	Ver hoja técnica del producto Sikadur-30	Punto de rocío	Ver hoja técnica del producto Sikadur-30
Temperatura del soporte	Ver hoja técnica del producto Sikadur-30								
Temperatura ambiente	Ver hoja técnica del producto Sikadur-30								
Humedad del soporte	Ver hoja técnica del producto Sikadur-30								
Punto de rocío	Ver hoja técnica del producto Sikadur-30								
Instrucciones de Aplicación	<table border="0"> <tr> <td>Mezclado</td> <td>Ver hoja técnica del producto Sikadur-30</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de mezclado</td> <td>Ver hoja técnica del producto Sikadur-30</td> </tr> </table>	Mezclado	Ver hoja técnica del producto Sikadur-30	Tiempo de mezclado	Ver hoja técnica del producto Sikadur-30				
Mezclado	Ver hoja técnica del producto Sikadur-30								
Tiempo de mezclado	Ver hoja técnica del producto Sikadur-30								
Método de Aplicación/ Herramientas	<p>Colocar la platina Sika CarboDur sobre una mesa y limpiar la superficie no serigrafiada con Colmasolvente Epóxico usando un paño limpio. Aplicar el adhesivo Sikadur-30 con una espátula especial de forma curvada sobre la platina Sika CarboDur ya limpia. Aplicar el adhesivo Sikadur-30 cuidadosamente sobre el soporte con una espátula formando una capa fina. Dentro del tiempo abierto del adhesivo, colocar la platina Sika CFRP sobre la superficie del soporte donde se haya aplicado previamente la resina. Usando un rodillo presionar la platina hasta que el adhesivo sea forzado a salir por ambas caras de la misma. Retire el adhesivo sobrante.</p>								
Cruces de platinas/ Capas múltiples	<p>Donde haya un cruce de platinas, la primera platina Sika CarboDur se debe limpiar con Colmasolvente Epóxico antes de aplicar el adhesivo y colocar la segunda platina. Si se tiene que colocar más de una platina superpuesta se deben limpiar las dos caras de la platina con Colmasolvente Epóxico. En estos casos usar Sikadur 30 (consultar la hoja técnica del producto para obtener una información adicional).</p>								
Garantía de calidad	<p>Se deben hacer muestras in situ para hacer el control de calidad del grado de curado y adquisición de resistencias finales. Valores estándar medios después del curado a 7 días a 23°C son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a compresión > 75 N/mm² - Resistencia a flexotracción > 35 N/mm² <p>Estos valores pueden variar hasta un 20% dependiendo de las circunstancias. Los factores más importantes que pueden tener influencia en las propiedades mecánicas finales son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aire atrapado (del proceso de mezclado o del relleno en el molde). - Temperatura/tiempo de curado - Contaminación del adhesivo 								
Herramientas de aplicación:	<p>Colmasolvente Epóxico: Para limpieza de las platinas Sika CarboDur antes del pegado, limpieza de las herramientas de aplicación. Presentación de 16 kg.</p> <p>Limpieza de Herramientas Limpiar todas las herramientas y el equipo de aplicación con Colmasolvente Epóxico inmediatamente después de su uso.</p> <p>Tiempo de vida de mezcla Ver hoja técnica del producto Sikadur-30</p> <p>Condiciones de Aplicación/Límites Un ingeniero con la formación apropiada debe ser el responsable del diseño del reforzamiento.</p>								

Esta aplicación es estructural por tanto se debe tener especial cuidado en seleccionar, para realizar los trabajos, aplicadores especializados y con experiencia.

Aplicar las platinas dentro del tiempo abierto del **Sikadur-30**. El control de calidad "in situ" debe ser acreditado por un laboratorio externo autorizado.

Se deben tomar precauciones cuando se vaya a cortar las platinas. Usar ropa protectora, guantes, gafas de protección y máscara de protección respiratoria con filtro. El sistema **Sika CarboDur** debe ser protegido de la acción directa del sol.

La temperatura máxima de servicio es 50°C.

Se deben observar las instrucciones dadas en la hoja técnica del producto cuando se aplique el adhesivo **Sikadur-30**.

Nota: Para cualquier aclaración favor consulten con nuestro Departamento Técnico.

Protección frente al fuego

Las platinas **Sika CarboDur** pueden ser protegidas frente al fuego si fuera necesario con un material resistente al fuego (**Sikacrete 213F**). Cuando el **Sikadur-30** haya curado se debe comprobar si han quedado huecos mediante golpes con un martillo o con impulsos termográficos.

Recubrimiento

La parte vista de la platina puede ser pintada con un material de recubrimiento como el **Sikaguard-62** o el **SikaColor 555 W**.

Notas

Todos los datos indicados en hoja técnica están basados en ensayos de laboratorio. Los datos pueden variar debido a circunstancias fuera de nuestro control.

Instrucciones de Seguridad e Higiene

Medidas de Protección

Protección personal

No respirar el polvo.

Prever una ventilación suficiente o escape de gases en el área de trabajo.

No fumar, ni comer o beber durante el trabajo.

Lavarse las manos antes de los descansos y después del trabajo.

Protección de la piel con pomada protectora.

Protección respiratoria con máscara de protección para polvos con filtro para vapor tipo A.

Protección de las manos con guantes de plástico.

Protección de los ojos con gafas protectoras herméticamente cerradas. Protección corporal con ropa protectora.

En caso de contacto con los ojos lavarlos con abundante agua limpia y acudir rápidamente a un médico.

Ecología

El producto es contaminante del agua. No permitir el paso al alcantarillado, cursos de agua o terrenos. No se conocen efectos negativos sobre el medio ambiente una vez curado el producto.

Toxicidad

Nocivo (Xn).Extremadamente inflamable (F+). Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel. Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.

Transporte

N° ONU: UN-1950 Clase: 2 Código/Embalaje: 5F

Eliminación de Residuos

Producto.

Eliminar, observando las normas locales en vigor.

Envases/Embalajes

Los envases/embalajes totalmente vacíos pueden destinarse a reciclaje. Aquellos que no pueden ser limpiados deben ser eliminados de la misma forma que la sustancia contenida



Responsabilidad Integral



ISO 9001



ISO 14001

Sika Colombia S.A.

Vereda Canavita, km 20.5

Autopista Norte, Tocancipá

Conmutador: 878 6333

Colombia - web.col.sika.com

NOTA

La información, y en particular las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos **Sika**, se proporcionan de buena fe, con base en el conocimiento y la experiencia actuales de **Sika** sobre los productos que han sido apropiadamente almacenados, manipulados y aplicados bajo condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de **Sika**. En la práctica, las diferencias en los materiales, susstratos y condiciones actuales de las obras son tales, que ninguna garantía con respecto a la comercialidad o aptitud para un propósito particular, ni responsabilidad proveniente de cualquier tipo de relación legal pueden ser inferidos ya sea de esta información o de cualquier recomendación escrita o de cualquier otra asesoría ofrecida. El usuario del producto debe probar la idoneidad del mismo para la aplicación y propósitos deseados. **Sika** se reserva el derecho de cambiar las propiedades de los productos. Los derechos de propiedad de terceros patentes deben ser respetados. Todas las órdenes de compra son acopiadas con sujeción a nuestros términos de venta y despacho publicadas en la página web: col.sika.com. Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada.

Hoja Técnica de Producto

Sika CarboDur

Versión: 01/2015





HOJA PROVISIONAL DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaWrap®-600 C

TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO PARA REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

El SikaWrap®-600 C es un tejido de fibras de carbono unidireccionales, de alta resistencia y alto módulo. El material es saturado en obra usando el sistema epóxico Sikadur 301 para conformar un sistema de polímero reforzado con fibras de carbono, usado para el reforzamiento de elementos estructurales.

USOS

SikaWrap®-600 C puede ser usado solamente por profesionales con experiencia.

Para el reforzamiento a flexión, cortante, confinamiento de elementos estructurales tales como vigas, columnas, losas, muros por las siguientes causas:

Incremento de cargas

- Incremento de carga viva en bodegas
- Incremento de volumen de tráfico en puentes
- Instalación de maquinaria pesada en edificios industriales
- Estructuras con vibración
- Cambios en el uso de edificios

Reforzamiento Sísmico

- Envoltura de columnas (confinamiento)
- Paredes de mampostería no reforzada
- Daño de partes estructurales
- Envejecimiento de materiales de construcción (corrosión)
- Impacto de vehículos y fuego
- Cambio en el sistema estructural
- Remoción de secciones de losa y muros para aberturas de acceso.
- Defectos de diseño o construcción
- Refuerzo insuficiente
- Altura insuficiente de los elementos

CARACTERISTICAS / VENTAJAS

- Es flexible, puede colocarse envolviendo elementos de forma compleja
- Alta resistencia y bajo peso
- No se corroe
- Resistente a sustancias alcalinas y ácidos
- Bajo impacto estético

INFORMACION DEL PRODUCTO

Empaques	2 rollos de 25 m / (0,50 m x 50 m)
Vida en el recipiente	24 meses a partir de su fecha de fabricación
Condiciones de Almacenamiento	Se debe proteger el material de posible ataque mecánico o contaminación, por tal razón se debe almacenar en su empaque bien cerrado. Transportar con las precauciones normales para productos delicados.

INFORMACION TECNICA

Elongación a Rotura	1,55 %
Resistencia a la tensión	2.200 N/mm

INSTRUCCIONES DE APLICACION

Módulo de tensión	240.000 N/mm ²
Dirección de la fibra	0° (unidireccional)
Espesor	0,34 mm

PREPARACION DEL SUSTRATO

La superficie debe estar limpia y sana. Puede estar seca o húmeda, pero libre de agua empozada o hielo. Remover polvo, lechada, grasa, compuestos curadores, impregnaciones, grasas, partículas extrañas, material suelto o cualquier otro elemento que impida la adherencia. Cuando la superficie sea irregular debe ser nivelada con un mortero de reparación adecuado. La resistencia en adherencia del concreto debe ser verificada, después de la preparación de superficie por un ensayo aleatorio de resistencia de adherencia a tensión (ACI 503R) a criterio del ingeniero. La mínima resistencia a tensión debe ser de 15 kg/cm² con falla del concreto.

METODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS

Método de limpieza

Para la preparación de la superficie de concreto se recomienda utilizar chorro de arena o cualquier otro procedimiento de limpieza mecánica aprobado, que provea textura rugosa a la superficie.

Mezclado del epóxico

Para información sobre características y mezclado del Sikadur 301 referirse a la hoja técnica de los productos. El consumo de la resina epóxica Sikadur 301, depende de la rugosidad de la superficie y la práctica que se tenga en el procedimiento de impregnación del tejido, sin embargo el consumo teórico aproximado es de 350 g/m² de producto para la imprimación de la superficie del sustrato y 850 g/m² para la saturación o impregnación del tejido, aproximadamente.

Aplicación

Antes de la colocación del tejido, la superficie de concreto debe ser imprimada y sellada usando el epóxico Sikadur 301. En cualquier caso, la instalación debe ser realizada por un aplicador autorizado o personal calificado.

Corte del tejido

El tejido puede ser cortado a la longitud apropiada usando tijeras de tipo industrial para trabajo pesado. Debe evitarse el uso de cualquier elemento de corte sin filo que pueda debilitar o deshilar la fibra.

LIMITACIONES

Los cálculos de diseño deben ser realizados por un ingeniero independiente, debidamente acreditado, siguiendo los lineamientos de estándares de diseño tales como: ACI 440-2R y FIB 14. El sistema es barrera de vapor. No se debe encapsular elementos de concreto en zonas donde se presente ciclo de hielo-deshielo.

Para mayor detalle sobre la instalación y requerimientos de control de calidad referirse a las Especificaciones Generales para la instalación del Sistema SikaWrap. Consultar al Departamento Técnico.

NOTAS

Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada.

RESTRICCIONES LOCALES

Este producto puede variar en su funcionamiento o aplicación como resultado de regulaciones locales específicas. Por favor, consulte la hoja técnica del país para la descripción exacta de los modos de aplicación y uso.

ECOLOGIA, SALUD Y SEGURIDAD

Manténgase fuera del alcance de los niños. Los tejidos SikaWrap no son reactivos. Sin embargo, debe tenerse precaución con el polvo de carbón de la superficie, cuando se manipule el producto. Deben utilizarse guantes para evitar irritación de la piel. Igualmente se debe proteger del polvo de carbono que se disperse en el aire durante el proceso de cortado. Es recomendable utilizar máscaras de protección adecuadas para este caso.

NOTAS LEGALES

La información, y en particular las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos Sika, se proporcionan de buena fe, con base en el conocimiento y la experiencia actuales de Sika sobre los productos que han sido apropiadamente almacenados, manipulados y aplicados bajo condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones actuales de las obras son tales, que ninguna garantía con respecto a la comercialidad o aptitud para un propósito particular, ni responsabilidad proveniente de cualquier tipo de relación legal pueden ser inferidos ya sea de esta información o de cualquier recomendación escrita o de cualquier otra asesoría ofrecida. El usuario del producto debe probar la idoneidad del mismo para la aplicación y propósitos deseados. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de los productos. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Todas las órdenes de compra son aceptadas con sujeción a nuestros términos de venta y despacho publicadas en la página web: col.sika.com.

Sika Colombia S.A.S

Vereda Canavita, Km 20.5 Autopista Norte

Tocancipá Cundinamarca Colombia

phone: +57 1 878 6333

e-mail: sika_colombia@co.sika.com

web: col.sika.com



PROVISIONAL_SikaWrap-600C_es_CO_(05-2017)_1_1.pdf

Hoja Provisional de Datos del Producto

SikaWrap®-600 C

Mayo 2017, Versión 01.01

020206020010000045





SikaGrout® Constructor

Descripción: **SikaGrout® Constructor** es un mortero listo para uso en procesos constructivos generales, de consistencias fluida y semi-fluida, compuesto de cemento, agregados de granulometría controlada, aditivos fluidificantes y reductores de agua adecuadamente dosificados para controlar los cambios de volumen. Cumple con los estándares CRD C621 y ASTM C1107

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.

Mortero expansivo multipropósito, base cemento, de consistencias fluida y semi-fluida, para uso general en la construcción

USOS:

- Nivelación de placas base y bases de equipos, columnas, trabes y otros elementos estructurales con áreas no extensas (recorrido del producto debajo de la placa base de hasta 1 m).
- Como relleno de expansión controlada en áreas confinadas
- Anclaje de pernos y otras fijaciones.
- Relleno de conexiones angostas en elementos de concreto normal o prefabricado.
- Aplicaciones que requieran rápido desarrollo de resistencias.
- Trabajos de reparación estructural del concreto.

VENTAJAS:

- Fácil de usar, solo se agrega agua.
- Expansión controlada y exento de contracción durante su curado.
- Buenas resistencias mecánicas.
- Su consistencia se puede ajustar a las necesidades de la obra variando solamente la cantidad de agua.
- Exento de agregado metálico para prevenir oxidación.
- Exento de aditivos base cloruros.

MODO DE EMPLEO

Todas las superficies de concreto que estarán en contacto con el **SikaGrout® Constructor** deberán estar rugosas, limpias, sanas y libres de grasa, polvo, partes sueltas u otras materias extrañas que puedan poner en riesgo su adherencia. La rugosidad recomendable es de ± 3 mm para promover adhesión mecánica.

Antes de colocar el **SikaGrout® Constructor**, la superficie debe saturarse con agua limpia evitando siempre encharcamiento (superficie saturada y superficialmente seca). En ambientes cálidos, saturar el concreto desde horas antes de la aplicación. Las superficies metálicas deben estar limpias, libres de grasa, oxidación, pinturas defectuosas u otros materiales

Hoja técnica de producto
SikaGrout® Constructor
31-08-2015, HT SG CONS 29092015 JPC-REV 2
451875

Sika Mexicana SA de CV
Carretera Libre a Celaya Km 8.5, Corregidora, Querétaro

extraños.

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

El mortero **SikaGrout[®] Constructor** viene listo para ser mezclado con agua limpia, cuya cantidad varía de acuerdo a la consistencia requerida, se recomienda utilizar preferentemente un mezclador eléctrico de baja velocidad (como máximo 500 rpm) o un mezclador de espas para morteros

En un recipiente de boca ancha primeramente debe verterse el 90% de la cantidad de agua seleccionada para el mezclado, vaciando enseguida el mortero **SikaGrout[®] Constructor** gradualmente. Efectúese un mezclado de 3 minutos como mínimo y utilice el agua restante para ajustar la consistencia hasta obtener una mezcla homogénea y libre de grumos.

Usar mezclador para morteros de bajas revoluciones para evitar inclusión de aire y lograr una mejor homogenización del producto. Use cantidades pequeñas en un recipiente ancho si mezcla manualmente con batidor, para evitar la formación de grumos.

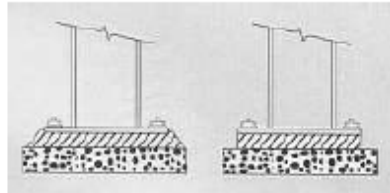
MEZCLADO

Rellenos y nivelaciones. Con la finalidad de permitir la expulsión del aire atrapado durante el mezclado, es recomendable dejar el mortero en reposo al menos 1 minuto y dar un re-mezclado ligero (5 a 10 seg.) antes de vaciarlo. La aplicación del producto deberá efectuarse preferentemente de inmediato para aprovechar su expansión. El tiempo de permanencia de fluidez estará en función de la temperatura de los materiales y del ambiente. Seguir las siguientes recomendaciones para colocar el producto:

- El SikaGrout[®] Constructor debe vaciarse en el molde de manera continua de modo que el producto no pierda contacto con la superficie inferior de la placa o elemento a nivelar.
- El producto se debe aplicar desde un solo lado de la placa o molde para evitar aire atrapado.
- El uso de cables y cadenas para ayudar a la colocación del producto deberá evaluarse en cada caso en particular y realizarse de manera cuidadosa.
- El producto deberá colocarse hasta alcanzar un nivel de al menos 6 mm (1/4") por arriba de la parte inferior de la placa o base que se esté relleno para asegurar un completo contacto del producto con ésta.

SikaGrout[®] Constructor debe colocarse siempre bajo confinamiento, dejando al mínimo las áreas expuestas.

Las áreas expuestas fuera del borde de las placas se recomienda cortarse a plomo o a 45° después de que ha fraguado suficiente para soportarse solo (2 a 3 horas después de su aplicación).



El curado de las áreas expuestas debe realizarse inmediatamente con **Antisol[®] Pro** protegiéndolo con costales húmedos durante 3 días como

mínimo o con algún otro método de curado con agua adecuado.

La puesta en servicio de la estructura, equipos, anclajes, etc., deberá realizarse en cuanto el **SikaGrout® Constructor** alcance la resistencia requerida de acuerdo a las especificaciones del proyecto.

Pasta: Aplique frotando a mano enguantada el producto contra el sustrato para iniciar la colocación. Posteriormente el **SikaGrout® Constructor** se debe presionar o apisonar firmemente en el área o hueco a rellenar. Utilice pisón metálico o de madera de las dimensiones adecuadas de acuerdo a la aplicación y lana metálica o flota de madera para dar el acabado.

Anclajes: Para realizar anclajes de varillas, pernos, sujetadores, etc., con **SikaGrout® Constructor**, el diámetro de la perforación debe ser por lo menos 2 cm mayor al diámetro del ancla. El acero del ancla debe estar limpio, libre de óxido, grasa o aceite. Consultar ACI 318 para diseño estructural de anclajes.

CONCRETO FLUIDO CON SIKAGROUT CONSTRUCTOR®

Para rellenos de más de 6 cm de espesor, agregar gravilla de un tamaño máximo de 10 a 12 mm en un 30% a 40% del peso del **SikaGrout® Constructor**. El agregado debe ser sano, de alta densidad, libre de contaminantes y debe saturarse con agua antes de efectuar la mezcla. Utilizar el agua necesaria para la fluidez seleccionada, cuidando de no generar segregación. Para espesores mayores a 15 cm, consultar al Área Técnica de Sika.

PRECAUCIONES Y LIMITACIONES

La fluidez de **SikaGrout® Constructor** está diseñada para rellenos no extensos, típicamente longitudes de recorrido de flujo debajo de una placa base de hasta 1 m. Exceder la cantidad de agua para dar mayor fluidez puede comprometer la calidad del producto (sangrado, segregación, fisuramiento, bajas resistencias u otros defectos). Si se requiere mayor fluidez, utilizar el producto **SikaGrout® Constructor** con consistencia Fluida.

Las áreas a rellenar deben confinar al **SikaGrout® Constructor**. No use el producto en áreas expuestas sin confinamiento, como por ejemplo, una sobre-capa para un piso, ya que la propia expansión del producto puede originar fisuras. El área libre de confinamiento en donde se colocará el mortero **SikaGrout® Constructor** debe limitarse mediante una cimbra adecuada, sin exceder distancia máxima de 5 cm medida a partir del borde del elemento a rellenar.

La temperatura ambiente y de sustrato mínima durante la aplicación del **SikaGrout® Constructor** será de 8°C.

Extreme precauciones de aplicación y curado cuando se coloque en temperaturas mayores a 35°C y/o fuertes vientos.

Para aplicaciones y condiciones no indicadas en esta Hoja Técnica, consultar al personal Técnico de Sika Mexicana

RENDIMIENTO

≈ 12 litros de relleno por saco de 22 kg (a consistencia fluida).

Hoja técnica de producto
SikaGrout® Constructor
31-08-2015, HT SG CONS 29092015-JPC TREV 2
451875

Sika Mexicana SA de CV
Carretera Libre a Celaya Km 8.5, Corregidora, Querétaro



ALMACENAMIENTO

Seis (6) meses en su empaque original, en lugar fresco, bajo techo y protegido de cualquier fuente de humedad.

DATOS TÉCNICOS

Color: Gris Concreto
Densidad de la mezcla: ≈ 2.1 kg/L
Permanencia de fluidez: 20 a 25 minutos a 20°C

Espesor por capa:	Solo	Con gravilla de 10 a 12 mm
Mínimo:	10 mm	40 mm
Máximo:	50 mm	150 mm

Consistencia:	Pasta ⁽¹⁾	Semi-fluida ⁽²⁾	Fluida ⁽³⁾
Cantidad de agua (litros por saco):	≈ 2.2	≈ 3.3	≈ 3.5
Resistencia a compresión, ASTM C109:			
1 día (kg/cm ²)	325	275	250
3 días (kg/cm ²)	400	350	320
7 días (kg/cm ²)	490	425	395
28 días (kg/cm ²)	525	460	425
Resistencia a flexión⁽³⁾, ASTM C109, 28 días:			75 kg/cm ²
Adherencia al concreto⁽³⁾, ASTM C882, curado húmedo, 28 días:			145 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad⁽³⁾, ASTM C469, 28 días:			220,000 kg/cm ²
Cambios volumétricos	SikaGrout® Constructor	Especificación ASTM C1107	
A edad temprana ⁽¹⁾ , ASTM C827:	2.5 a 3%	0 a 4%	
En estado endurecido⁽³⁾, ASTM C109:			
a 1 día:	≈ 0.1%	0 a 0.3%	
a 3 días:	≈ 0.1%	0 a 0.3%	
a 7 días:	≈ 0.1%	0 a 0.3%	
a 28 días:	≈ 0.1%	0 a 0.3%	

Todos los valores son obtenidos en condiciones de laboratorio. Mediciones reales podrían variar por circunstancias más allá de nuestro control.

(1) Pasta amasable (agua ajustable de acuerdo a necesidades)

(2) ASTM C 1437, Fluidez medida en plato: 100 a 125%

(3) ASTM C 1437, Fluidez medida en plato: 125 a 145%

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Use ropa de protección personal para evitar contacto con piel y ojos.

En caso de contacto con la piel, lave la zona afectada inmediatamente con agua y jabón. En caso de contacto con los ojos, lávelos de inmediato con

Hoja técnica de producto
SikaGrout® Constructor
31-08-2015, HT SG CONS 29092015-JPC TREV 2
451875

Sika Mexicana SA de CV
Carretera Libre a Celaya Km 8.5, Corregidora, Querétaro



agua abundante durante 15 minutos y acuda al médico. En caso de ingestión, no provocar el vómito y solicitar ayuda médica.

Para mayor información, consulte la hoja de seguridad del producto.

NOTA LEGAL

Toda la información contenida en este documento y en cualquiera otra asesoría proporcionada, fueron dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika Mexicana de los productos siempre y cuando hayan sido correctamente almacenados, manejados y aplicados en situaciones normales y de acuerdo a las recomendaciones de Sika Mexicana. La información es válida únicamente para la(s) aplicación(es) y el(los) producto(s) a los que se hace expresamente referencia. En caso de cambios en los parámetros de la aplicación, como por ejemplo cambios en los sustratos, o en caso de una aplicación diferente, consulte con el Servicio Técnico de Sika Mexicana previamente a la utilización de los productos Sika. La información aquí contenida no exonera al usuario de hacer pruebas sobre los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. En todo caso referirse siempre a la última versión vigente de la Hoja Técnica del Producto disponible en www.sika.com.mx. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras condiciones generales vigentes de venta y suministro.

Sika responde
01 800 123 SIK
7 4 5 2
soporte.tecnico@mx.sika.com
sika.responde@mx.sika.com
www.sika.com.mx

Hoja técnica de producto
SikaGrout® Constructor
31-08-2015, HT SG CONS 29092015-JPC TREV 2
451875

Sika Mexicana SA de CV
Carretera Libre a Celaya Km 8.5, Corregidora, Querétaro





HOJA TECNICA DE PRODUCTO

Sikadur®-30

ADHESIVO PARA PEGADO DE REFUERZO

DESCRIPCIÓN	Sikadur 30 es un adhesivo estructural bicomponente, tixotrópico, libre de disolventes, compuesto por una combinación de resinas epóxicas y cargas seleccionadas, diseñado para usos a temperaturas entre +8°C y +35°C.	
USOS	Adhesivo para pegado de refuerzos estructurales, incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> • Platina Sika CarboDur a concreto, ladrillo o madera (ver HT de Sika CarboDur). • Chapas de acero a hormigón. 	
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de mezclar y aplicar. • No se necesita imprimación • Alta resistencia a la fluencia bajo carga permanente • Muy buena adherencia al concreto, mampostería, piedra, acero, aluminio, madera y platinas Sika CarboDur. • El endurecimiento no se ve afectado por la alta humedad • Adhesivo de alta resistencia • Tixotrópico: No escurre en aplicaciones verticales y sobre cabeza • Libre de disolventes • Endurece sin retracción • Componentes de diferentes colores, para el control del mezclado • Altas resistencias mecánicas iniciales y finales • Altas resistencias a abrasión y a impactos • Impermeable a líquidos y vapor de agua 	
Ensayos Certificados/Normas	IBMB, TU Braunschweig, informe de ensayo No. 1871/0054, 1994: Certificado del Sikadur 30 como adhesivo epóxico. IBMB, TU Braunschweig, informe de ensayo No 1734/6434, 1995: Ensayo del Sikadur 41 en combinación con el Sikadur 30 para el pegado de platinas de acero. Ensayado de acuerdo con EN 1504-4	
DATOS DEL PRODUCTO		
Forma		
Color	Componente A: Blanco Componente B: Negro Color de la mezcla: Gris claro.	
Presentación	Unidad de 6 kg	
Almacenamiento Condiciones de almacenamiento/ Conservación	24 meses desde la fecha de fabricación, en sus envases de origen bien cerrados y no deteriorados, en condiciones secas a temperaturas entre +5° C y +30° C. Proteger de la acción directa del sol.	
Datos Técnicos Composición química	Resina epóxica Densidad (20°C)	Comp. A: 1,72 kg/l ± 0,04 kg/l Comp. B: 1,94 kg/l ± 0,04 kg/l Mezcla: 1,76 kg/l ± 0,04 kg/l

Resistencia al escurrimiento	(De acuerdo con FIP (Fédération Internationale de la Précontrainte). En superficies verticales resiste al descuelgue hasta 3 - 5 mm de espesor a +35°C.																		
Extrusionabilidad	(De acuerdo con FIP (Fédération Internationale de la Précontrainte). 4000 mm ² a +15°C a 15 kg.																		
Espesor de capa	30 mm máx. Cuando se usan varias unidades, una después de otra, no mezclar la siguiente unidad hasta que la unidad previa haya sido usada para evitar una reducción en el tiempo de manejabilidad.																		
Cambio de volumen	Retracción 0,04%. (De acuerdo con FIP (Fédération Internationale de la Précontrainte).																		
Coefficiente de expansión Térmica	Coefficiente W: 9×10^{-5} por °C (rango de temperaturas -10°C a +40°C).																		
Estabilidad Térmica	Temperatura de transición vítrea: (De acuerdo con FIP (Fédération Internationale de la Précontrainte).																		
	<table border="1"> <tr> <td>Tiempo de curado</td> <td>Temp. de curado</td> <td>TG</td> </tr> <tr> <td>7 días</td> <td>+45°C</td> <td>+62°C</td> </tr> </table>	Tiempo de curado	Temp. de curado	TG	7 días	+45°C	+62°C												
Tiempo de curado	Temp. de curado	TG																	
7 días	+45°C	+62°C																	
	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">Temp. de deflexión por calor (HDT): según ASTM-D648</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de curado</td> <td>Temp. de curado</td> <td>TDC</td> </tr> <tr> <td>3 horas</td> <td>80°C</td> <td>53°C</td> </tr> <tr> <td>6 horas</td> <td>60°C</td> <td>53°C</td> </tr> <tr> <td>7 días</td> <td>35°C</td> <td>53°C</td> </tr> <tr> <td>7 días</td> <td>10°C</td> <td>36°C</td> </tr> </table>	Temp. de deflexión por calor (HDT): según ASTM-D648			Tiempo de curado	Temp. de curado	TDC	3 horas	80°C	53°C	6 horas	60°C	53°C	7 días	35°C	53°C	7 días	10°C	36°C
Temp. de deflexión por calor (HDT): según ASTM-D648																			
Tiempo de curado	Temp. de curado	TDC																	
3 horas	80°C	53°C																	
6 horas	60°C	53°C																	
7 días	35°C	53°C																	
7 días	10°C	36°C																	
	Temperatura de servicio -40°C a +45°C (evaluado en curado a >23°C).																		

Propiedades físicas/Mecánicas

Resistencia a la compresión (Según EN 196)		
	Tiempo de curado	Curado a +10°C Curado a +35°C
	12 horas	- 80-90 N/mm ²
	1 día	50-60 N/mm ² 85-95 N/mm ²
	3 días	65-75 N/mm ² 85-95 N/mm ²
	7 días	70-80 N/mm ² 85-95 N/mm ²
Resistencia a Cortante Rotura del hormigón (~15 N/mm ²) (De acuerdo al FIP 5.15 (Fédération Internationale de la Précontrainte).		
	Tiempo de curado	Curado a +15°C Curado a +35°C
	1 día	3-5 N/mm ² 15-18 N/mm ²
	3 días	13-16 N/mm ² 16-19 N/mm ²
	7 días	14-17 N/mm ² 16-19 N/mm ²
	18 N/mm ² (7 días a 23°C) (según DIN 53283)	
Resistencia a Tracción (Según DIN 53455)		
	Tiempo de curado	Curado a +15°C Curado a +35°C
	1 día	18-21 N/mm ² 23-28 N/mm ²
	3 días	21-24 N/mm ² 25-30 N/mm ²
	7 días	24-27 N/mm ² 26-31 N/mm ²
Adherencia		
Sobre acero:	>21 N/mm ² (valores promedios >30 N/mm ²), sobre superficies correctamente preparadas, como chorro abrasivo Sa 2.5 (DIN-EN 24624)	
Sobre hormigón:	Rotura del hormigón (Aprox. 4 N/mm ²) sobre superficies correctamente preparadas (según FIP).	
Modulo de Elasticidad	a la compresión: 9600 MPa (a 23°C) (Según ASTM D 695) a la tensión: 11200 MPa (a 23°C) (Inicial, según ISO 527)	

Desarrollo de Resistencias	Comprobar el desarrollo de resistencia mediante la ejecución de testigos in situ y rotura de los mismos a compresión y flexión.			
Información del Sistema				
Estructura de Sistema	Sistema Sika CarboDur: Para detalles de aplicación de las platinas Sika CarboDur con Sikadur 30 , ver la HT del Sika CarboDur .			
Calidad del Soporte	Ver la HT de las platinas Sika CarboDur			
Preparación del Soporte	Ver la HT de las platinas Sika CarboDur			
Condiciones de Aplicación/Limitaciones	Temperatura del Soporte	+8°C mín. / +35°C máx.		
	Temperatura Ambiente	+8°C mín. / +35°C máx.		
	Temperatura del Producto	+8°C mín. / +35°C máx.		
		El Sikadur 30 debe ser aplicado a temperaturas entre +8°C y +35°C.		
	Humedad del Soporte	Máxima 4%		
	Cuando se aplique sobre hormigones con humedad mate, aplicar con brocha el adhesivo sobre el soporte.			
	Punto de Rocío	Cuidado con la condensación!		
	La temperatura durante la aplicación deberá ser al menos +3°C por encima del punto de rocío.			
Instrucciones de Mezclado	Mezclado Comp. A: Comp. B = 3: 1 en peso o volumen. Cuando no se utilicen lotes completos, se deberán respetar las relaciones de mezcla pesando cada uno de los componentes. Tiempo de Mezclado Lotes Predosificados: Mezclar los componentes A y B durante al menos 3 minutos con una batidora eléctrica de bajas revoluciones (máx. 600 rpm) hasta que el material tenga una consistencia y un color gris uniforme. Evitar la aireación durante el mezclado. Verter la mezcla en un recipiente limpio y batir nuevamente durante 1 minuto aprox. a baja velocidad, para mantener la mínima oclusión de aire. Mezclar solo la cantidad que se vaya a utilizar dentro del tiempo de vida de mezcla.			
Métodos de Aplicación / Herramientas	Ver la HT del Sistema Sika [®] CarboDur [®] .			
Limpieza de Herramientas	La limpieza de herramientas y los equipos de aplicación se limpiarán con Colma Limpiador, inmediatamente después de su uso. El producto una vez endurecido solo puede ser eliminado por medios mecánicos.			
Tiempo de vida útil de mezcla (Según FIP)	Temperatura	+8°C	+20°C	+35°C
	Tiempo de vida útil de la mezcla	~120 minutos	~90 minutos	~20 minutos
	Tiempo Abierto	~150 minutos	~110 minutos	~50 minutos
	El tiempo de vida útil de mezcla o tiempo de manejabilidad empieza cuando la resina y el endurecedor se mezclan. Es mas corto a altas temperaturas y mas largo a bajas temperaturas. Cuanta mayor cantidad se mezcle, más corto es el tiempo de vida útil de la mezcla. Para conseguir mayor trabajabilidad a altas temperaturas, se podrán dividir las proporciones del adhesivo. Otro método de aplicación es enfriar los componentes A y B antes de mezclarlos (no por debajo de +5°C).			
Notas	Todos los datos técnicos indicados en esta hoja técnica del producto están basados en ensayos de laboratorio. Las medidas reales de estos datos pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.			

Instrucciones de Seguridad e Higiene

Medidas de Protección

Protección personal:

Medidas generales de protección e higiene:

- Prever una ventilación suficiente o escape de gases en el área de trabajo.
- Evitar el contacto con los ojos y la piel.
- Protección preventiva de la piel con pomada protectora.
- Quitarse inmediatamente la ropa manchada o empapada.
- No fumar ni comer o beber durante el trabajo.
- Lavarse las manos antes de los descansos y después del trabajo.

Protección de la manos:

- Guantes de goma de butilo-nitrilo

Protección de los ojos: Gafas protectoras herméticamente cerradas

Protección corporal: Ropa de trabajo.

Ecología

No permitir el paso al alcantarillado, cursos de agua o terrenos.

Clasificación de Transporte

Componente A: No ADR

Componente B: ADR: UN 1759, Clase: 8, Grupo de embalaje, III Class. code: C10

IMO: UN 1759, Clase: 8, Grupo de embalaje, III

IATA: UN 1759, Clase: 8, Grupo de embalaje, III

Notas importantes

Los residuos de material deber ser eliminados según regulaciones locales. Unavez que el material ha curado puede ser tratado como residuo urbano, conforme al acuerdo con los ayuntamientos y municipios responsables.

Toxicidad Sensibilización:

Por contacto con la piel:

Es posible la sensibilización / reacción alérgica

Pueden observarse reacciones alérgicas en personas sensibles incluso con concentraciones muy bajas de producto.

Sobre personas:

- Contacto con la piel/ojos: Provoca quemaduras.
- Inhalación: Puede causar irritación.
- Ingestión: Provoca quemaduras



Sika Colombia S.A.
Vereda Canavita, km 20.5
Autopista Norte, Tocancipá
Conmutador: 878 6333
Colombia - web:col.sika.com

Hoja Técnica de Producto

Sikadur 30
Versión: 01/2015

282

NOTA

La información, y en particular las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos Sika, se proporcionan de buena fe, con base en el conocimiento y la experiencia actuales de Sika sobre los productos que han sido apropiadamente almacenados, manipulados y aplicados bajo condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones actuales de las obras son tales, que ninguna garantía con respecto a la comercialidad o aptitud para un propósito particular, ni responsabilidad proveniente de cualquier tipo de relación legal pueden ser inferidos ya sea de esta información o de cualquier recomendación escrita o de cualquier otra asesoría ofrecida. El usuario del producto debe probar la idoneidad del mismo para la aplicación y propósitos deseados. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de los productos. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Todas las órdenes de compra son aceptadas con sujeción a nuestros términos de venta y despacho publicadas en la página web: col.sika.com. Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada.

CONSTRUYENDO CONFIANZA





HOJA TECNICA DE PRODUCTO

Sikadur®-301

RESINA DE IMPREGNACIÓN DE ALTO MÓDULO Y ALTA RESISTENCIA

DESCRIPCIÓN	Sikadur 301 es un adhesivo epóxico de 2 componentes, 100% sólidos, de alto módulo, alta resistencia y resistente a la humedad.
USOS	Como resina de impregnación de los tejidos SikaWrap para reforzamiento estructural.
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de mezclar. • Resistente a la humedad antes, durante y después del curado. • Adhesivo de alta resistencia y alto módulo. • Excelente adhesión al concreto, mampostería, metales, madera y la mayoría de materiales de construcción. • Totalmente compatible y desarrollado específicamente para los sistemas SikaWrap. • Alta resistencia a la deformación bajo carga sostenida. • Alta resistencia a la abrasión y los impactos. • Libre de solventes. <p>Rendimiento: Como sellante del concreto: Aprox. 0.35 kg/m². Como resina de impregnación de la tela: Aprox. 0.65 - 0.85 kg/m² dependiendo del tipo de SikaWrap.</p>
MODO DE EMPLEO	<p>Preparación de la superficie: La superficie del concreto debe prepararse como mínimo con un perfil de superficie (CSP 3) tal como lo define el ICRI. Los desniveles de la superficie no deben exceder de 1/32 in. (1 mm). El sustrato debe estar limpio, sano, y libre de humedad. Remover por medios mecánicos el polvo, residuos de lechada, grasa, aceite, agentes curadores, impregnaciones, partículas extrañas, recubrimientos y materiales sueltos. Para mejores resultados, el sustrato debe estar seco. Sin embargo, una superficie ligeramente húmeda es aceptable.</p> <p>Mezclado: Premezclar el componente A, El componente B no requiere mezclado. Mezcle la unidad completa, no divida las unidades. Vierta el componente B en el A. Mezcle totalmente durante 5 minutos usando un mezclador mecánico de bajas revoluciones (400-600 rpm) hasta que la mezcla sea uniforme.</p> <p>Aplicación como sellador superficial: aplique el Sikadur 301 mezclado sobre la superficie usando una brocha o rodillo. Debe saturarse completamente la superficie con el Sikadur 301. El grado de cubrimiento depende de la porosidad de la superficie.</p> <p>Como resina de impregnación: Sature el tejido SikaWrap hasta que las fibras queden totalmente húmedas. Para instalaciones verticales y sobre cabeza, puede usarse el Sikadur 330 para imprimir el sustrato antes de la colocación del tejido. El Sikadur 301 puede aplicarse tanto en sistema seco como en sistema húmedo. Consulte las hojas técnicas de los tejidos SikaWrap para más información. Si es usado como una resina de impregnación en el sistema húmedo, el Sikadur 301 debe</p>

aplicarse manualmente con brocha o rodillo sobre ambas caras del tejido **SikaWrap**. Luego de saturado, se debe quitar el exceso de resina usando una espátula de goma. Debido a la viscosidad del **Sikadur 301**, no debe usarse un saturador mecánico. Si se desea hacerlo, consulte las hojas técnicas de las resinas de impregnación apropiadas (ej. **Sikadur 300** o **Sikadur Hex 300**).

DATOS TÉCNICOS

(a 23°C y 50% H.R.)	
Color:	Gris claro.
Relación de mezcla:	Componente 'A': Componente 'B' = 3:1 en volumen.
Viscosidad (mezclado):	Aprox. 2,700 cps.
Vida en el recipiente:	Aprox. 40 minutos (1 galón).
Tiempo de contacto:	Aprox. 90 minutos.
Temperatura de deflexión (HDT) (ASTM D-648) 7 días:	47°C.
Temperatura de transición vítrea (T _g) 7 días:	49°C.
Propiedades mecánicas:	
Propiedades de tensión (ASTM D-638):	
Resistencia a tensión a 7 días:	8,000 psi (52.0 MPa).
Módulo de elasticidad:	290 ksi (2,000 MPa).
Elongación de rotura:	3.5%.
Propiedades de flexión (ASTM D-790):	
Resistencia a flexión a 7 días:	13,000 psi (90.0 MPa).
Módulo tangente:	500 ksi (3,448 MPa).
Deformación unitaria de fluencia:	3.0%.
Propiedades de compresión (ASTM D-695):	
Resistencia a la compresión:	1 día: 4,000 psi (27.6 MPa).
	3 días: 11,900 psi (82.1 MPa).
	7 días: 13,900 psi (96.0 MPa)
Módulo de compresión:	250 ksi (1,725 MPa).

PRECAUCIONES

Limitaciones

- Temperatura mínima del sustrato y ambiente 40°F (4°C). Temperatura máxima del sustrato y ambiente 95°F (35°C).
- No diluya con solventes.
- Es barrera de vapor una vez cura.
- La edad mínima del concreto debe ser 21-28 días dependiendo del curado y las condiciones de secado.
- A bajas temperaturas y/o alta humedad relativa, se puede formar un leve residuo grasoso sobre la superficie del **Sikadur 301**. Este residuo se debe remover si se quiere aplicar otra capa de tejido **SikaWrap** sobre el **Sikadur 301** ya curado. Debe retirarse este residuo para asegurar una adecuada adherencia. El residuo se puede remover con un trapo mojado con solvente o con agua y detergente. En ambos casos, la superficie debe limpiarse con un trapo seco antes de la colocación de la siguiente capa de tejido o recubrimiento.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Peligro: Componente 'A' - IRRITANTE, SENSIBILIZADOR - Contiene Resina Epóxi-ca, y una mezcla de Hidrocarbano Aromatico, Sílice Amorfo, y Dioxido de Titanio. Irritante a los ojos. Puede causar irritaciones respiratorias y de piel. Contacto prolongado o repetido con la piel puede causar reacción alérgica. Una deliberada concentración de vapores que pueden inhalarse es peligroso y puede ser fatal. Evite el contacto con los ojos y piel. Es dañino si se ingiere. Usese solo con adecuada ventilación. Se recomienda usar gafas de seguridad y guantes resistentes a los químicos. Si no hay adecuada ventilación use un respirador aprobado. Quitese las ropas contaminadas y lávelas antes de volver a usarlas.

Componente 'B' - CORROSIVO, SENSIBILIZADOR, IRRITANTE - Contiene Aminas. El contacto con la piel y ojos causa quemaduras graves. Causa irritación de ojos y piel. Los vapores pueden causar irritación de la respiración.

Contacto prolongado y/o repetido puede causar una reacción alérgica. Es dañino si se ingiere. Evite el contacto con la piel y ojos. Usese solo con adecuada ventilación. Se recomienda usar gafas de seguridad y guantes resistentes a los químicos. Si no hay adecuada ventilación use un respirador aprobado. Quite las ropas contaminadas y lávelas antes de volver a usarlas.

Primeros auxilios de los ojos:

Sostenga los párpados lávese con abundante agua durante 15 minutos.
Piel: Quítese la ropa contaminada. Lávese con agua y jabón durante 15 minutos.
Inhalación: Lleve la persona a un sitio con aire fresco.
Ingestión: No induzca el vómito.
En todos los casos contacte a un medico si los síntomas persisten.
Manténgase fuera del alcance de los niños.

PRESENTACIÓN	Unidad de 4 kg
ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE	El tiempo de almacenamiento es de 2 años en su envase original, bien cerrado en lugar fresco y bajo techo. Transportar con las precauciones normales para productos químicos.
CODIGOS R/S	R: 20/21/22/34/36/38/43/51/53 S: 2/3/7/9/13/15/20/21/23/24/25/26/27/29/36/38/39/41/45/46



Sika Colombia S.A.
Vereda Canavita, km 20.5
Autopista Norte, Tocancipá
Conmutador: 878 6333
Colombia - web:col.sika.com

Hoja Técnica de Producto
Sikadur 301
Versión: 01/2015

285

NOTA

La información, y en particular las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos Sika, se proporcionan de buena fe, con base en el conocimiento y la experiencia actuales de Sika sobre los productos que han sido apropiadamente almacenados, manipulados y aplicados bajo condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones actuales de las obras son tales, que ninguna garantía con respecto a la comercialidad o aptitud para un propósito particular, ni responsabilidad proveniente de cualquier tipo de relación legal pueden ser inferidos y sea de esta información o de cualquier recomendación escrita o de cualquier otra asesoría otorgada. El usuario del producto debe probar la idoneidad del mismo para la aplicación y propósitos deseados. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de los productos. Los derechos de propiedad de terceros países deben ser respetados. Todos los órdenes de compra son aceptados con sujeción a nuestros términos de venta y despacho publicados en la página web: col.sika.com. Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada.

CONSTRUYENDO CONFIANZA

