

**VARIABLES QUE AFECTAN LA CORRECTA IMPLEMENTACIÓN DEL
SISTEMA DE ENCOFRADO STENMETRO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE
ESTRUCTURAS APORTICADAS DE LOSAS ALIGERADAS CON CASETÓN**

**DIRECTOR MONOGRAFÍA
ING. CARLOS FERNANDO RIVERA**

**AUTOR MONOGRAFÍA
JOSE LUIS DIAZ MANTILLA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
BUCARAMANGA**

2020

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	8
2.	JUSTIFICACIÓN	8
3.	OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS	10
3.1.	OBJETIVO GENERAL	10
3.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
4.	PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	11
5.	CONCEPTOS FUNDAMENTALES	11
5.1.	PUNTAL DE SEGURIDAD	13
5.2.	CORREA	14
5.3.	PORTACORREA	15
6.	PROCESO CONSTRUCTIVO	15
7.	METODOLOGÍA	17
7.1.	TIPOLOGÍAS DE PLACA	18
7.2.	COMPONENTES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE ENTREPISO	18
7.3.	CAMBIOS EN ALTURA DE LAS DIFERENTES TIPOLOGÍAS DE PLACA	19
7.4.	INSTALACION Y MODULACIÓN DE LA FORMALETA	21
7.5.	GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA Y COMO AFECTA AL SISTEMA DE ENCOFRADO	24
8.	USO DEL SISTEMA STENMETRO EN OTROS PROYECTOS	28

9. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	29
10. LISTADO VARIABLES QUE AFECTAN LA CORRECTA IMPLEMENTACIÓN DE LA FORMAleta STENMETRO	30
11. RECOMENDACIONES.....	31
11.1. DIRIGIDA A LOS DISEÑADORES ESTRUCTURALES	31
11.2. DIRIGIDA AL CONSTRUCTOR.....	32
12. CONCLUSIONES.....	33
13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 RENDER OBRA CITYCENTER (MARVAL S.A., S.F.)	11
ILUSTRACIÓN 2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ENCOFRADO STEN (STEN, 2013)	12
ILUSTRACIÓN 3 DETALLE DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA (STEN, 2013)	13
ILUSTRACIÓN 4 PUNTAL DE SEGURIDAD (STEN, 2013).....	13
ILUSTRACIÓN 5 CORREAS (STEN, 2013).....	14
ILUSTRACIÓN 6 PERFIL CORREAS (STEN, 2013).....	14
ILUSTRACIÓN 7 PORTACORREA (STEN, 2013).....	15
ILUSTRACIÓN 8 ESQUEMA DE AVANCE CONSTRUCTIVO.....	15
ILUSTRACIÓN 9 ENCOFRADO INICIAL DE VIGAS	16
ILUSTRACIÓN 10 ENCOFRADO DE PLACA ALIGERADA.....	16
ILUSTRACIÓN 11 INSTALACIÓN CASETÓN REMOVIBLE.....	17
ILUSTRACIÓN 12 PLACA FUNDIDA	17
ILUSTRACIÓN 13 ZOOM PLANTA ESTRUCTURAL PISO 15-22 (MARVAL, 2019)	19
ILUSTRACIÓN 14 DOBLE ENTARIMADO POR DIFERENCIAL DE ALTURAS VIGA Y VIGUETA	19
ILUSTRACIÓN 15 SOPORTE HECHIZO PORTACORREA.....	20
ILUSTRACIÓN 16 USO DE LAS PORTACORREAS EN SUPERFICIE CONTINUA	21
ILUSTRACIÓN 17 ENTARIMADO CORREAS	21
ILUSTRACIÓN 18 VISTA SUPERIOR ARMADO TABLEROS Y PROYECCIÓN CASETÓN EN ROJO	22
ILUSTRACIÓN 19 REMIENDO EN MADERA PARA REMATE DE FORMALETA JUNTO A COLUMNAS	22
ILUSTRACIÓN 20 REMIENDO EN MADERA ENTRE VANOS	23
ILUSTRACIÓN 21 NOMENCLATURA DEL REMIENDO.....	23
ILUSTRACIÓN 22 ZOOM PLANTA ESTRUCTURAL PISO 15-22 (MARVAL, 2019)	24
ILUSTRACIÓN 23 UBICACIÓN CORREAS Y UBICACIÓN VIGUETAS VISTA SUPERIOR (ANTES DE FUNDIR)	24
ILUSTRACIÓN 24 UBICACIÓN CORREAS Y UBICACIÓN VIGUETAS VISTA INFERIOR (DESPUÉS DE CLAREADA).....	25
ILUSTRACIÓN 25 DETALLE VOLADOS VOL-VOL (MARVAL, 2019)	25
ILUSTRACIÓN 26 ARMADO ENCOFRADO DE VOL-VOL.....	26
ILUSTRACIÓN 27 ARMADO ACERO DE VOL-VOL	26

ILUSTRACIÓN 28 VARIACIÓN DE GEOMETRÍA EN PLANTA	27
ILUSTRACIÓN 29 SOPORTE PARA ENTARIMADO BORDE DE PLACA	27
ILUSTRACIÓN 30 COMBINACIÓN SISTEMA STENMETRO Y FORSA.....	28
ILUSTRACIÓN 31 INSTALACIÓN STENMETRO PLACA PLANA [PROPUESTA STEN].....	28
ILUSTRACIÓN 32 DETALLE INSTALACIÓN FORMALETA STEN VIGAS DESCOLGADAS	32

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: VARIABLES QUE AFECTAN LA CORRECTA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE ENCOFRADO STENMETRO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ESTRUCTURAS APORTICADAS DE LOSAS ALIGERADAS CON CASETON

AUTOR(ES): Jose Luis Diaz Mantilla

PROGRAMA: Esp. en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles

DIRECTOR(A): Carlos Fernando Rivera

RESUMEN

Una causa fundamental que provoca atraso en las obras de construcción de vivienda, se debe a la falta de simbiosis entre el tipo de estructura diseñada, el aligerante y el tipo de formaleta a utilizar, para lograr identificar dichas causas, se procede a investigar sobre la variables que afectan la correcta implementación del sistema STENmetro; mediante la metodología de observación y seguimiento a las actividades de una obra de vivienda, se pudo encontrar que existen puntualmente tres condiciones que afectan la correcta implementación del sistema STENmetro, los cuales son: los cambios de nivel de la formaleta, la modulación de la formaleta y la geometría de la estructura. Teniendo en cuenta los resultados se determina que se debe evaluar durante la etapa de diseño, la opción de dejar a un solo nivel la placa, de esta forma se evitan las vigas descolgadas, se sugiere variar la separación de las viguetas para conservar las cargas muertas de diseño al incrementar su altura, lo anterior teniendo en cuenta las regulaciones de la NSR-10, contemplar el uso combinado de formaleta STENmetro con otro tipo de formaleta cunado que permita salvaguardar las diferencias presentadas en alturas y dejar las correas centradas respecto al eje de las vigas, de esta forma el sistema STENmetro funciona fluidamente, permite la practicidad con las pocas partes que componen el sistema y genera un mayor rendimiento de encofrado.

PALABRAS CLAVE:

STENmetro, formaleta, estructura, viviendas, variables, aporticada, aligerada, implementación

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: VARIABLES AFFECTING THE CORRECT IMPLEMENTATION OF THE STENMETRO FORMWORK SYSTEM IN THE CONSTRUCTION PROCESS OF FRAMED STRUCTURES OF LIGHTENED SLABS WITH COFFERS

AUTHOR(S): Jose Luis Diaz Mantilla

FACULTY: Esp. en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles

DIRECTOR: Carlos Fernando Rivera

ABSTRACT

A fundamental cause that causes delays in housing construction works, is due to the lack of symbiosis between the type of structure designed, the lightening and the type of formwork to be used, to identify these causes, we proceed to investigate the variables that affect the correct implementation of the STENmetro system; through the methodology of observation and monitoring of the activities of a housing project, it was found that there are three conditions that affect the correct implementation of the STENmetro system, which are: the level changes of the formwork, the modulation of the formwork and the geometry of the structure. Taking into account the results it is determined that it should be evaluated during the design stage, the option of leaving the plate at a single level, in this way the beams are avoided, it is suggested to vary the separation of the joists to conserve the dead loads of design increasing its height, the above taking into account the regulations of the NSR-10, to contemplate the combined use of the STENmetro formwork with another type of formwork that allows safeguarding the differences presented in heights and leave the straps centered on the axis of the beams, in this way the STENmetro system works smoothly, allows practicality with the few parts that make up the system and generates greater formwork performance.

KEYWORDS:

STENmetro, formwork, variable, housing, structure, framed, lightened, implementation

1. INTRODUCCIÓN

“El sistema de encofrado reticular recuperable STENmetro permite la realización de forjados de losa maciza o aligerada con la máxima sencillez y seguridad” (STEN, 2013, pág. 4), el hecho de no ser necesario el uso de herramientas especiales para el montaje y desmontaje del encofrado, así como la reducción al máximo de elementos necesarios (correas y portacorreas) y la estructura de sus perfiles, lo hace un sistema versátil, liviano y duradero, todas estas ventajas no se aprovechan al 100%; debido a que por lo regular no se tiene claro previamente el proceso constructivo de la estructura, su interrelación con el aligerante (si lo tiene) y la geometría de la estructura, por esta razón se lleva a cabo la elaboración de este documento, donde se logra identificar las variables que afectan la correcta implementación del sistema stenmetro.

El presente documento se encuentra dividido en 4 partes, una inicial donde se exponen los conceptos fundamentales del sistema STENmetro, una segunda parte donde se expone el proceso constructivo, en la tercera parte se aborda la metodología mediante la cual se identifican las probables variables, por último, se realiza un análisis para identificar y separar las variables que afectan realmente al sistema.

2. JUSTIFICACIÓN

Una de las causas fundamentales que provocan atraso en las obras surge a raíz de la falta de claridad en la definición del proceso constructivo, lo anterior debido a que no existe una simbiosis entre el tipo de estructura diseñada, el tipo de formaleta a utilizar, el aligerante si lo tiene y el mínimo tiempo de fraguado para alcanzar la resistencia requerida para el desencofre; durante la ejecución de la obra, se identificó que los manuales de montaje son insuficientes debido a las variables a las cuales puede estar sometido el diseño de la estructura, por lo tanto, se hace necesario implementar una mejora que abarque los detalles a los cuales va a estar sometido el sistema.

En el estudio de titulado optimización de procesos de formaletería tradicional, Se concluye la necesidad de abordar más detalladamente el seguimiento al proceso.

“Los procesos de formaletería presentan deficiencias en la planeación y coordinación técnica causados principalmente por la falta de comunicación entre los diferentes diseñadores, los

constructores y los proveedores, lo que ocasiona que las experiencias previas y posibles mejoras sean desconocidas por los usuarios” (MARTINEZ FORERO, 2010, pág. 98)

En la planeación de los procesos constructivos por lo general se deja responsable a personal que no tiene la visión total, tanto técnica y constructiva de las estructuras y los sistemas que lo componen, dejando de esta forma aislados a los diseñadores, constructores y proveedores.

“El seguimiento que se hace sobre el proceso es casi nulo y la documentación que se realiza es inexistente, lo que hace imposible cuantificar la problemática que presenta el proceso, sus consecuencias y causas. Sin embargo, el control y su adecuado estudio y divulgación permitirán evaluar las condiciones de cada empresa en específico” (MARTINEZ FORERO, 2010, pág. 98)

Por lo tanto, no se tiene un registro de las variables que afectan la correcta implementación de los procesos constructivos en especial los enfocados a sistemas de encofrado con formaletería de madera.

3. OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS

Teniendo en cuenta las variables que afectan la correcta implementación de la formaleta STENmetro durante la planeación de las estructuras aporricadas de losas aligeradas con casetón, se espera que se genere un ahorro en costos el cual se verá reflejado en la disminución de las cantidades de alquiler de formaleta tipo STEN, el incremento de la eficiencia de la mano de obra al realizar el armado de entarimados y en la optimización de los tiempos administrativos al conocer previamente los problemas a los que pudiese estar sometido. Así mismo se espera que el contratista tenga un conocimiento previo que le ayude en el armado del sistema; por otra parte, es posible que se haga un aporte al diseñador estructural que tenga definido utilizar este sistema de formaleta.

3.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar las variables que afectan la correcta implementación de la formaleta STENmetro en sistemas estructurales aporricados de losas aligeradas con casetón en la etapa de ejecución de obra.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Detallar como afectan los cambios de nivel el uso de la formaleta STENmetro

Determinar cómo afecta la modulación de la formaleta al sistema.

Identificar como afecta la geometría de la estructura el uso de la formaleta STENmetro

Investigar en otros proyectos en el uso de la formaleta STENmetro para hacer comparaciones.

Identificar en qué forma se puede mejorar desde el diseño a la correcta implementación de la formaleta STENmetro

Plantear soluciones al constructor referentes a las posibles variables que afectan el armado STENmetro

4. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

La presente monografía se realizó en el proyecto **CITYCENTER** de **MARVAL** durante su ejecución entre marzo y noviembre de 2019 se tomaron los datos y registros fotográficos no referenciados los cuales son de autoría propia; el proyecto tiene un sistema estructural aporticado de losa aligera con casetón, está ubicado en Bucaramanga, Santander Carrera 27 Con Calle 67, Antiguas Instalaciones De Gaseosas Hipinto, es una construcción de 29 pisos donde sus placas presentan un variación geométrica en sus tres dimensiones lo que permite evaluar plenamente la aplicación del encofrado STENmetro.



Ilustración 1 Render obra Citycenter (MARVAL S.A., s.f.)

5. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Para la placa superior se utiliza el sistema de encofrado reticular recuperable tipo europeo de marca STEN metro, cuyos componentes se muestran en la [Ilustración 3], La placa superior se entarima con tableros multicapa, de acabado melamínico de 0.50 m de ancho x 1 metro de largo, y de 27 mm de grosor; estos están soportados en las correas y estas a su vez transmiten la carga a los puntales; los elementos mencionados se relaciona en la siguiente ilustración:

9.- ELEMENTOS DEL SISTEMA






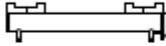
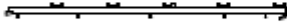
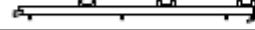


	Código	Peso (Kp.)	Características
Correas STENmetro			Módulo resistente (cm ³) Wx: 14,51 Momento de inercia (cm ⁴) Ix: 72,4
Correa STENmetro 4m	1840	22,2	Dimensiones: 4000x100x90 
Correa STENmetro 3m	1830	17,5	Dimensiones: 3000x100x90 
Correa STENmetro 2m	1820	12,1	Dimensiones: 2000x100x90 
Portacorreas STENmetro			Módulo resistente (cm ³): Wx: 11,2 Momento de Inercia (cm ⁴): Ix: 44,8
Portacorrea STENmetro 4m	2840	19,4	Dimensiones: 4177x50x80 
Portacorrea STENmetro 2m	2820	10,3	Dimensiones: 2077x50x80 
Portacorrea STENmetro 0,5 m Permite realizar calles de 0,5 m con tablero girado sin recortar para esquivar pilares	1805	4,9	Dimensiones: 750x50x80 mm 
Portacorrea STENmetro 4m N12	2844	19,8	Dimensiones: 3979x50x80 
Portacorrea STENmetro 2.4m N12	2842	12,5	Dimensiones: 2378x50x80 
Portacorrea STENmetro 4.3m N17	2854	20,5	Dimensiones: 4266.5x50x80 
Portacorrea STENmetro 2.6m N17	2852	12,5	Dimensiones: 2559x50x80 
Pértiga STENmetro			Longitud: 2.5m
	74065	3,3	

Ilustración 2 Componentes del Sistema de encofrado STEN (STEN, 2013)

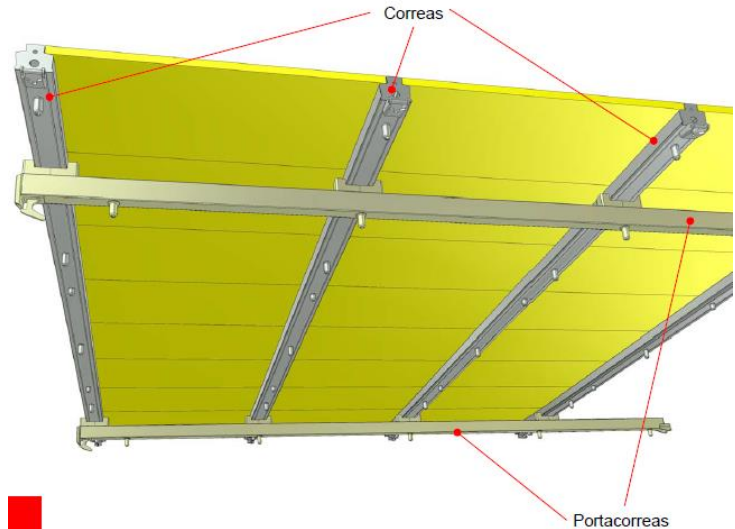


Ilustración 3 Detalle de los elementos del sistema (STEN, 2013)

5.1. PUNTAL DE SEGURIDAD

Elemento resistente a los esfuerzos de compresión resultantes del encofrado y el peso de la placa, este elemento debe ir ubicado debajo de cada pivote de correas y portacorreas [Ilustración 5].

- (1) Caña o Tubo interior
- (2) Casquillo de seguridad
- (3) Pasador
- (4) Cabezal de recuperación
- (5) Conjunto tuerca
- (6) Vaina o Tubo exterior
- (7) Muelle de seguridad.

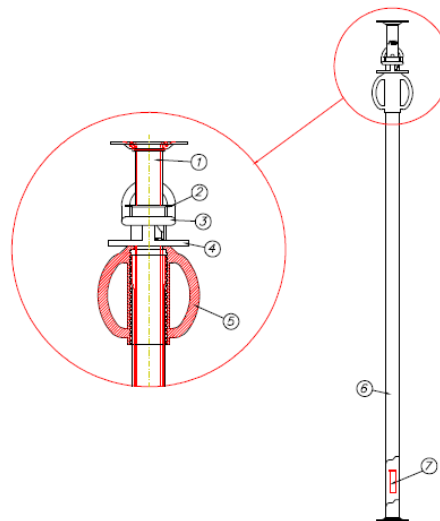


Ilustración 4 Puntal de seguridad (STEN, 2013)

5.2. CORREA

Elemento de soporte de los tableros multicapa compuesto por un sistema de unión basculante, Gatillo de seguridad automático para impedir el desmontaje anticipado de vigas

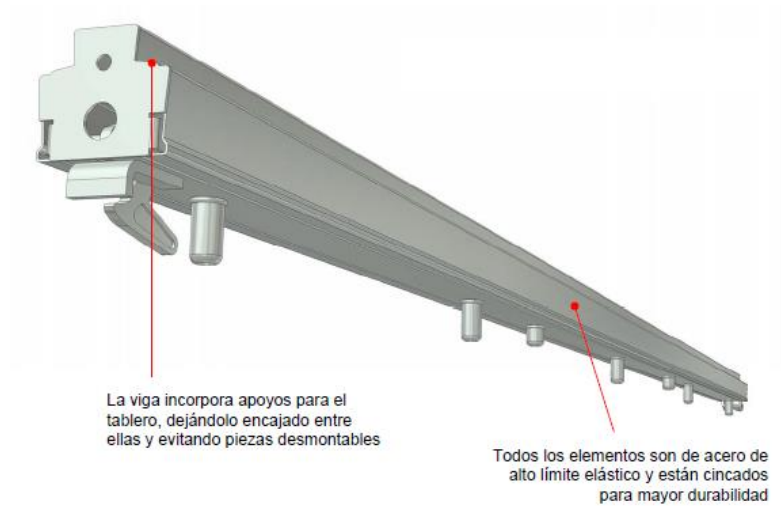


Ilustración 5 Correas (STEN, 2013)

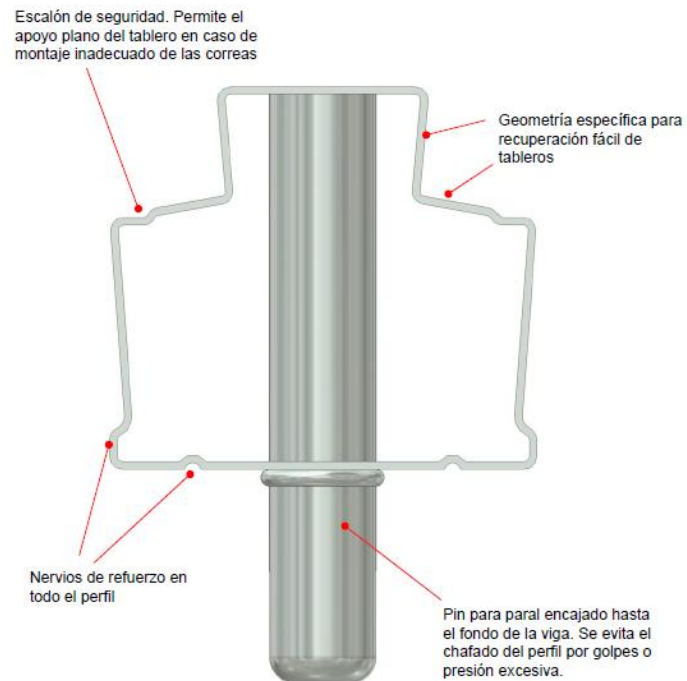


Ilustración 6 perfil correas (STEN, 2013)

5.3. PORTACORREA

Cumple la función de mantener las correas en el mismo sentido, dándoles estabilidad durante el armado y la fundida, al día después de la fundida es posible retirarlas, estas no deben cumplir funciones de soporte solo de estabilización.

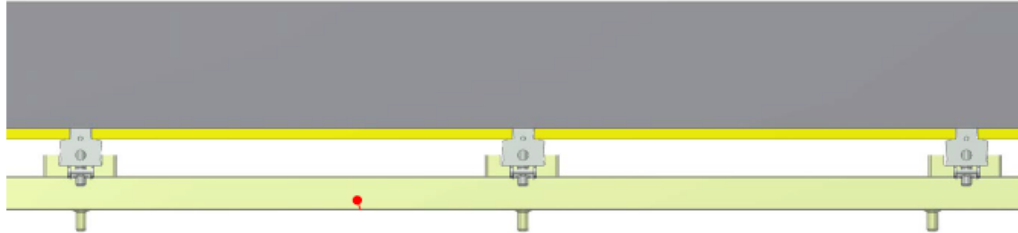


Ilustración 7 portacorrea (STEN, 2013)

6. PROCESO CONSTRUCTIVO

Se realizó un esquema unificando la modulación, los tiempos de fraguado, desencofre, retiro de aligeramiento y las variables de las que depende el sistema; La información del procedimiento constructivo fue suministrada por la obra y se resume de la siguiente manera:

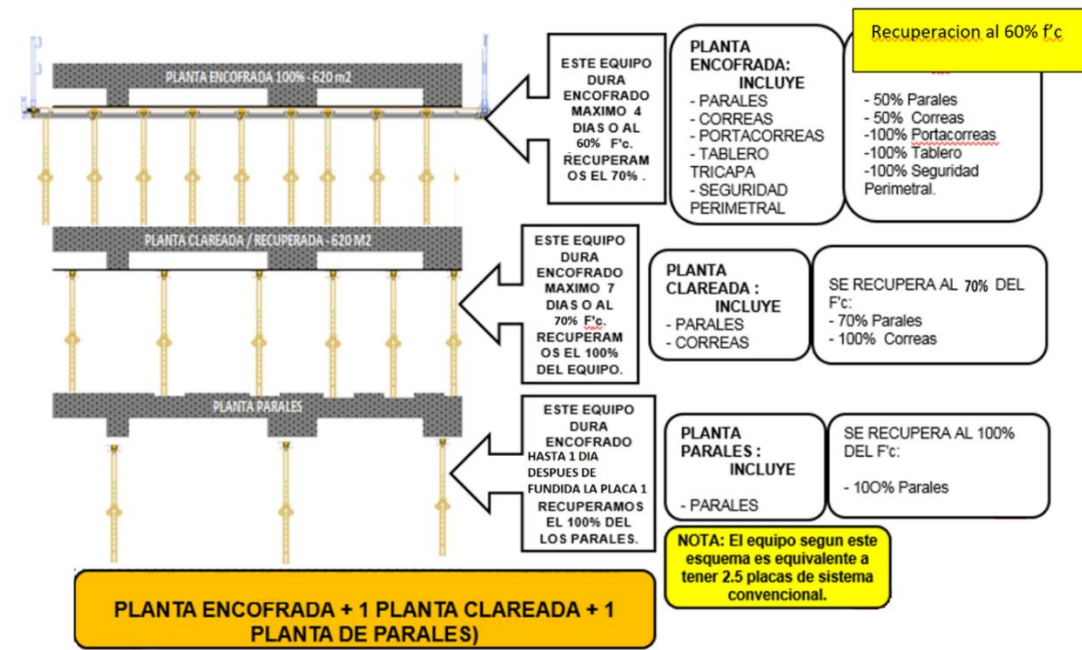


Ilustración 8 Esquema de avance constructivo

Como primer paso se realiza una tarima debajo de cada viga descolgada [Ilustración 9] teniendo en cuenta que debe existir apuntalamiento directo debajo de ellas de acuerdo a los lineamientos del (MODULACION STEN P1) y las (MEMORIA DE CALCULO MARVAL S.A. - CITY CENTER FASE 1), posteriormente se da inicio a la instalación del acero de refuerzo de acuerdo a los diseños estructurales, después de esto se realiza la instalación del segundo entarimado para poder armar la viguetería [Ilustración 10], después de armada la estructura principal se instala el casetón removible [Ilustración 11], se tiende la malla de la torta superior junto a toda la tubería que va embebida, Se procede a fundir y realizar la endurecida y pulida con helicóptero donde se requiera [Ilustración 12].



Ilustración 9 Encofrado inicial de vigas



Ilustración 10 Encofrado de placa aligerada



Ilustración 11 Instalación casetón removible



Ilustración 12 placa fundida

7. METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos propuestos fue necesario hacer un seguimiento mediante observaciones constantes a la obra, los pasos que se presentan a continuación se utilizaron como metodología para centralizar las variables que afectan la correcta implementación de la formaleta.

1. Se identificaron las diferentes tipologías de placa que se tenían en el proyecto y como se afectaba cada una.
2. Se revisaron las diferentes partes que componen el sistema constructivo de entrepiso.
3. Se identificaron cambios en alturas en las diferentes tipologías de placa.
4. Se observó y se le realizó seguimiento al proceso de instalación y modulación de la formaleta.
5. Se identificaron cambios en la geometría de la estructura

De esta forma se pudo agrupar las condiciones que afectaban directamente la correcta implementación del sistema STENmetro, más tarde, se complementó con la investigación de dos proyectos similares, finalmente se enlistaron las variables que afectan el sistema; se realizaron

recomendaciones dirigidas al constructor y/o diseñador, y se expusieron las conclusiones del proyecto.

7.1. TIPOLOGÍAS DE PLACA

Revisando detalladamente junto a la dirección de la obra se identificó que en el proyecto se tienen básicamente tres tipologías de placa, en la torre de vivienda existe una placa aligerada con vigas descolgadas en dos direcciones hasta el piso 2, después de este piso hasta cubierta se tienen vigas descolgadas en dos direcciones, en la zona de urbanismo se identificaron dos tipologías de placa, la primera que es similar a la placa de la torre pero sin vigas descolgadas y la segunda que corresponde a una placa maciza con vigas descolgadas.

7.2. COMPONENTES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE ENTREPISO

Todas las placas de entrepiso excepto la maciza, están conformadas por un aligerante en icopor recuperable de alta densidad $d=16$, cartonplast para darle un acabado rígido a la losa fundida, un plástico negro cuya función es proteger recubriendo el icopor.

Por otra parte, se tienen os tableros tricapa que soportan el peso de la placa, las correas que modulan y soportan los tableros, las portacorreas que generan estabilidad y rigidez al sistema y los puntales que transmiten y distribuyen la carga entre los pisos inferiores.

Se evidencia una serie de cercos de 4x8 que se utilizan como soporte a lugares donde no llegan las correas, así mismo hay cercos de 4x4 ubicados en las bandas cuya función es darle estabilidad a las mismas.

En algunas partes del entarimado se evidencian remates de madera con dimensiones diferentes a los tableros tricapa.

7.3. CAMBIOS EN ALTURA DE LAS DIFERENTES TIPOLOGÍAS DE PLACA

El primer tema que se evaluó, fue el evidente efecto negativo en el montaje de la formaleta a causa de las vigas descolgadas [Ilustración 14], se procedió a realizar la consulta con el diseñador de la estructura el día 15 de abril de 2019; el cual informo que “Al diseñar las placas aligeradas el cálculo de la altura de la vigueteria fue menor al de las vigas principales para todo el edificio, esto disminuye la cantidad de concreto necesario y el peso de la estructura "[Ilustración 13], inicialmente el diseñador no tenía claro el sistema de formaleta que se podría utilizar para el encofrado de las placas; finalmente la formaleta contratada genero una grada que obligo a realizar un doble entarimado [Ilustración 14].

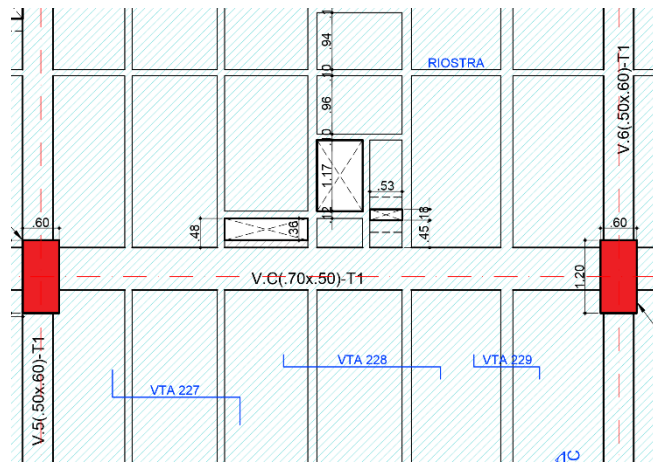


Ilustración 13 Zoom Planta estructural PISO 15-22 (MARVAL, 2019)



Ilustración 14 Doble entarimado por diferencial de alturas viga y vigueta



Ilustración 16 Uso de las portacorreas en superficie continua

7.4. INSTALACION Y MODULACIÓN DE LA FORMALETA

En la etapa de modulación para el entarimado inicial [Ilustración 17], se distribuyeron las correas teniendo en cuenta la separación exigida por el diseñador de formaleta, en obra se integró a esa modulación los anchos de los casetones y su ubicación [Ilustración 18], de esta forma se logró evitar dejar remiendos de madera en las zonas intermedias del casetón.



Ilustración 17 entarimado correas



Ilustración 18 vista superior armado tableros y proyección casetón en rojo

Se identificó que para el correcto armado de la formaleta se requería un recorte de tableros entre 10cm y 50cm [Ilustración 19] para poder rematar el entarimado contra las columnas; al ser variables las distancias entre columnas en las dos direcciones y al tener un sistema de vigas descolgadas se estaban generando una serie de remiendos que variaban de piso a piso y en cada vano por la falta de simetría de la estructura.



Ilustración 19 Remiendo en madera para remate de formaleta junto a columnas

De la misma forma se evidencio que para poder cumplir el requerimiento de dejar las correas en el centro de la viga era necesario dejar un remiendo lineal entre los dos ejes en dirección al armado [Ilustración 20]



Ilustración 20 Remiendo en madera entre vanos

Debido a la falta de simetría se requirió más material ya que el usado en los pisos anteriores se iba deteriorando con el uso y con el corte para adaptarlo al nuevo lugar, como una medida de control se evaluó el costo total, comparando si se usaban remiendos del mismo tablero tricapa contra otros tipos de madera [Análisis remiendos Torre 1], ya que los usos por tablero tricapa eran mucho mayores a los demás tableros , se optó por pedir un excedente tableros que serían utilizados exclusivamente para remiendos, para aumentar la vida útil del tablero se definió marcar cada remiendo [Ilustración 21] después del piso 9 donde se tenía simetría en altura, de esta forma el remiendo usado en el piso anterior serviría para el siguiente piso en la misma ubicación.



Ilustración 21 nomenclatura del remiendo

7.5. GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA Y COMO AFECTA AL SISTEMA DE ENCOFRADO

Una de las variables que afectó directamente el proceso constructivo fue la separación entre las viguetas que conforman la losa aligerada, dado que el tiempo de recuperación del caseton está definido por el momento en que se realiza la clareada de la formaleta (retiro de tableros) pero a su vez está condicionado a la ubicación de las correas y estas a la dirección de armado [Ilustración 22] no es posible retirar a tiempo el caseton.

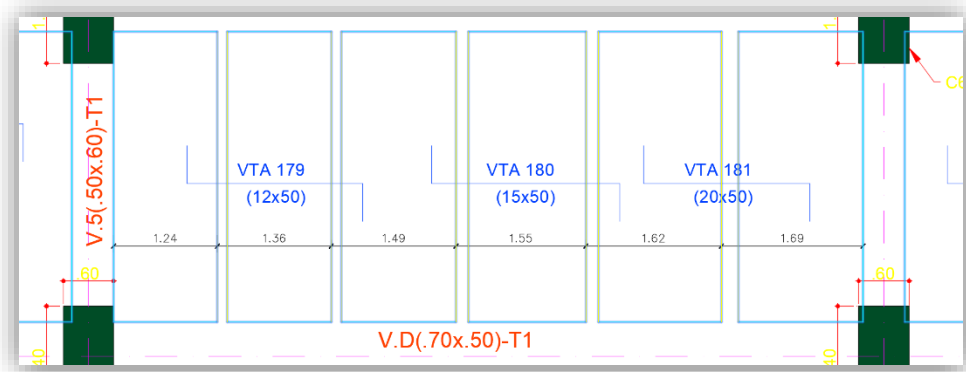


Ilustración 22 Zoom Planta estructural PISO 15-22 (MARVAL, 2019)

En las [Ilustración 23] e [Ilustración 24] se muestra como las viguetas resaltadas en naranja no van en los mismos ejes de las correas señaladas en azul, debido a que las correas intermedias deben permanecer hasta que se cumpla 70% del F'c de la placa 1 (Sistemas Técnicos de Encofrados S.A.(STEN), 2019), por lo tanto no deja retirar el caseton hasta que se proceda a la etapa de apuntalada.

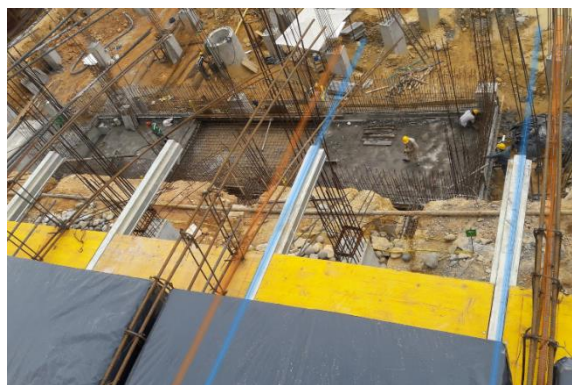


Ilustración 23 ubicación correas y ubicación viguetas vista superior (antes de fundir)



Ilustración 24 ubicación correas y ubicación viguetas vista inferior (después de clareada)

En ocasiones es necesario realizar volados estructurales [imagen] cuando la arquitectura lo requiere y no se quiere incrementar los espesores de las vigas, para alcanzar la altura requerida se hace necesario armar un cajón que directamente duplica los tableros requeridos en el área a intervenir [Ilustración 25]

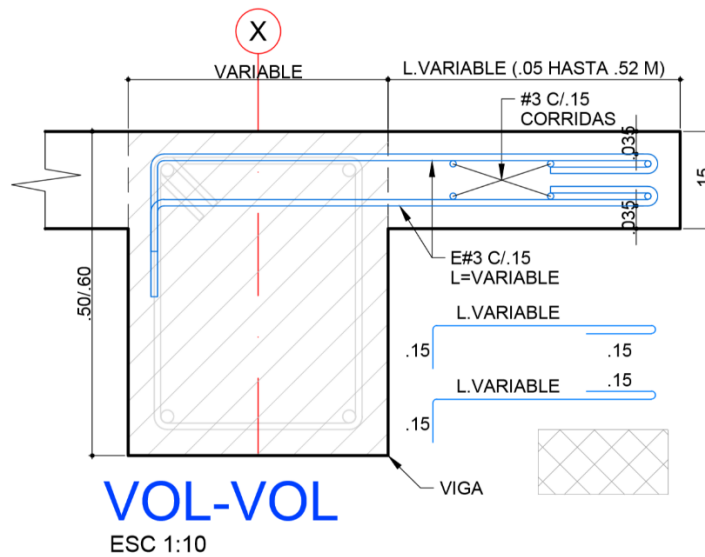


Ilustración 25 Detalle volados VOL-VOL (MARVAL, 2019)



Ilustración 26 Armado encofrado de VOL-VOL

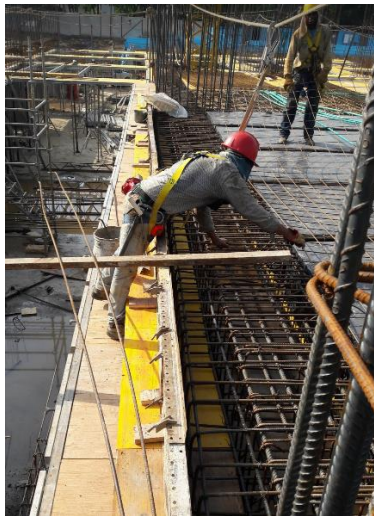


Ilustración 27 Armado acero de VOL-VOL

Se identificó que durante el armado del encofrado para los VOL-VOL [Ilustración 26] se necesitó usar un adicional de tableros tricapa para poder conformar la figura.

En los perímetros de la estructura y específicamente en las zonas adyacentes a los balcones [Ilustración 28] señalado en rojo, se identificó un soporte para el entarimado de la estructura [Ilustración 29], de acuerdo a lo informado por el director de la obra se tuvieron muchos problemas y demoras en la obra hasta que se dio la aprobación del soporte hecho por parte de agentes externos como fueron SURA, la supervisión técnica y los diseñadores.

8. USO DEL SISTEMA STENMETRO EN OTROS PROYECTOS

Se identificó que en el proyecto Torre imperial de Bogotá, se presentaron los mismos problemas de desnivel que en CITYCENTER. Juan Francisco Chaparro Rojas en su proyecto de grado “Evaluación técnica y económica de sistemas constructivos Sten vs sistema tradicional” (Rojas, 2017, pág. 67) sugiere utilizar una combinación de sistema cunado con formaleta FORSA en su caso para poder salvaguardar esa diferencia, en la [Ilustración 30] podemos visualizar como se utilizó el sistema FORSA en la zona de vigas descolgadas para reducir el consumo de formaleta STEN.



Ilustración 30 Combinación sistema STENmetro y FORSA

Revisando las imágenes de la obra Bosques de San Ángel en la propuesta de STEN, se identifica que el uso de formaleta en las placas sin descolgados incrementa la eficiencia drásticamente [Ilustración 31], se puede observar que al poder instalar de manera corrida sin cambios de altura, el armado es hace simétrico y constante.



Ilustración 31 instalación STENmetro placa plana [propuesta STEN]

9. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Al comparar las diferentes tipologías de placa y cuales se adaptan más al tipo de formaleta utilizado, se puede evidenciar que aquellas que presentan una mayor diferencia en sus niveles, son las que más requieren material, es decir las dobles alturas, los entarimados adicionales, y los traslajos de formaleta por cambio de nivel afectan directamente el rendimiento y funcionalidad de la formaleta tipo STENmetro.

Se pudo identificar que la geometría en planta afecta la seguridad y los costos si no se tiene planificado el proceso constructivo, por otra parte, se evidencio que hay procesos que no afectan directamente el funcionamiento de la formaleta, como lo son el tipo de aligerante usado, las placas macizas con vanos largos, cabe indicar que en vanos cortos de placas macizas afecta en gran medida la cantidad de formaleta requerida si no se plantea un aligerante que sortee la diferencia en altura.

Si hay separación variable en la nervadura, no afecta directamente el rendimiento de la formaleta, aunque si provoca un costo adicional en juegos de icopor al dejarlos atrapado entre las correas.

En cuanto a las zonas de volados, se pudo estimar un incremento del triple de formaleta necesario.

La modulación es una parte muy importante si se quieren disminuir costos de remiendos, no obstante, la afectación al rendimiento y cantidades adicionales de formaleta es mínimo, en especial si se clasifica o se les pone nomenclatura a los remiendos.

10. LISTADO VARIABLES QUE AFECTAN LA CORRECTA IMPLEMENTACIÓN DE LA FORMALETA STENMETRO

- Vigas descolgadas
- Volados y bordes de placa
- Placas macizas con viga descolgada en vanos cortos sin casetón.
- Remates contra columnas y remiendos no numerados.
- Modular de forma inadecuada los entarimados.
- Instalar de forma inadecuada las correas.
- No dejar una correa debajo de cada viga.
- No tener un diseño del proceso constructivo donde se combine, el diseño de la estructura con el tipo de encofrado.

11. RECOMENDACIONES

11.1. DIRIGIDA A LOS DISEÑADORES ESTRUCTURALES

- Es necesario que se realice el diseño del proceso constructivo por parte del mismo diseñador estructural.
- Modular la viguetería en múltiplos de 1.02m desde el centro de las vigas auxiliares, de esta forma cada correa casara exactamente con cada vigueta o nervio de la placa aligerada, de esta forma quedaría libre la mayor parte de casetón ya que no quedaría atrapado entre las viguetas y las correas.
- Evaluar durante la etapa de diseño, la opción de dejar a un solo nivel la placa, de esta forma se evitan las vigas descolgadas, se sugiere variar la separación de las viguetas para conservar las cargas muertas de diseño al incrementar su altura, lo anterior teniendo en cuenta las regulaciones de la NSR-10 (NSR-10, 2010, pág. 130)
- Se sugiere al diseñador mantener la longitud entre vigas constantes piso a piso o mantener los vanos de la misma dimensión a medida que sube la estructura, de esta manera es posible identificar y marcar los remiendos nombrados en las páginas 16 y 17 disminuyendo la cantidad de material requerido.
- Contemplar el uso combinado de formaleta STENmetro con otro tipo de formaleta cunado que permita salvaguardar las diferencias presentadas en alturas, definir esto durante la planeación va a disminuir la cantidad de remiendos en formaplac o similares.
- Se sugiere para la zona de volados contemplar un tipo diferente de formaleta y que sea compatible ya que el consumo evidenciado es mayor al de las diferentes áreas de encofrado.
- Para las áreas donde no exista desnivel en formaleta, previamente al armado del entarimado, se debe integrar las ubicaciones del casetón a la modulación de la formaleta de esta forma se evita una gran cantidad de remiendos.

11.2. DIRIGIDA AL CONSTRUCTOR

1. Dejar la correa centrada respecto al eje de la viga descolgada.
2. Ubicar en el sentido largo las correas, es decir la longitud de 1m debe ir paralela a las correas de soporte, Para disminuir la cantidad de tableros tricapa.
3. Para el remate de pequeñas separaciones utilizar cartonplast o un material similar que permita su recuperación
4. En las esquinas donde no alcance la correa proponer un soporte, apuntillar y apuntalar de manera que brinde seguridad y estabilidad, se debe autorizar previamente por el fabricante para evitar posteriores inconvenientes con la supervisión.
5. Teniendo claro que van a existir vigas descoladas, se debe revisar previamente el uso de portacorreas de 0.5m o en su defecto solicitar la autorización de ajustar las portacorreas.
6. Tener un especial cuidado con el armado de los entarimados a bordes de placa para las zonas con geometría variable en planta, es decir balcones y retrocesos de placa, el constructor debe analizar previamente esas zonas y proponer sistemas de soporte para evitar riesgos de seguridad, así mismo tener una previa autorización del procedimiento por parte de la supervisión técnica



Ilustración 32 detalle instalación formaleta STEN vigas descolgadas

12. CONCLUSIONES

Durante la ejecución de la presente monografía se pudo verificar la fluidez con la cual el sistema STENmetro permite cumplir sus funciones de encofrado, desde la practicidad con las pocas partes que componen el sistema, la facilidad de transportarlo y la rapidez durante el desencofre, no obstante, se pueden tener variables que pueden dificultar los procesos de armado.

Se agruparon las variables principales que afectaron la correcta implementación del sistema STENmetro las cuales se listaron en el presente documento.

Al tener en cuenta las recomendaciones enunciadas anteriormente, el constructor logrará más rendimiento en el armado de la formaleta para los casos de losas aligeradas, adicionalmente, al evaluar económicamente las posibles variables de afectación se logrará una reducción en los costos finales.

No obstante, es necesario tener un diseño del proceso constructivo antes de iniciar la obra, para poder identificar y solucionar las variables que se enumeran en el presente documento.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Para una mayor información del sistema de encofrado STENMETRO se debe dirigir a los archivos de soporte de la website donde se encontrarán la presentación del producto, fichas técnicas y los manuales de instalación. (STEN, 2019)

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GÓMEZ BARRERA, L. M., & ACERO CARNAZA, J. P. (2018). FORMALETAS ALIGERADAS PARA LOSAS DE ENTREPISOS (CASETONES). *PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES*, 73.
- MARTINEZ FORERO, M. F. (2010). OPTIMIZACION DE PROCESOS DE FORMALETERIA TRADICIONAL. (*MAGISTER EN CONSTRUCCION*). UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, BOGOTA DC.
- MARVAL. (12 de 10 de 2019). ET1_CITY CENTER_DICIEMBRE 2019-T106_V02. BUCARAMANGA, SANTANDER, COLOMBIA.
- MARVAL S.A. (s.f.). *MARVAL*. Obtenido de <https://marval.com.co/?proyectos-marval=city-center>
- MARVAL. S.A. (2019). *PLANO UE-02*. BUCARAMANGA: MARVAL S.A.
- NSR-10. (2010). NSR-10 TITULO C. En C. A. RESISTENTES.
- R. J. (2010). *Arquitectura, construcción i Ciutat en l'Història d'Occident*. Milan: Publicaciones UPC.
- Rojas, C. (2017). *ciencia la salle*. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/141/
- Sistemas Técnicos de Encofrados S.A.(STEN). (2019). *INFORME DE APUNTALAMIENTO(CLIENTE MARVAL-OBRA CITYCENTER)*. BUCARAMANGA: STEN.
- STEN. (11 de 2013). Sistema STENmetro MANUAL DE MONTAJE, UTILIZACIÓN, DESMONTAJE Y MANTENIMIENTO.
- STEN. (27 de 11 de 2014). *CATALOGO STEN,PG 380*. Obtenido de STEN: <https://www.sten.es/encofrados/encofrados-horizontales/encofrados-de-losa/>

STEN. (15 de 12 de 2019). *STEN WEBSITE*. Obtenido de

<https://www.sten.es/encofrados/encofrados-horizontales/encofrados-de-losa/stenmetro/>