

PRACTICA EMPRESARIAL PRETCON S.A.S.

EFRAIN EDUARDO VARGAS RODRIGUEZ



Universidad Industrial de Santander
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2014

Informe Final del Trabajo de Grado en la Modalidad Practica Empresarial
PRACTICA EMPRESARIAL PRETCON S.A.S.

EFRAIN EDUARDO VARGAS RODRIGUEZ

Trabajo de Grado presentado como Requisito
Parcial para optar por el Título de Ingeniero Civil

Director:

GUSTAVO CHIO CHO

Tutor:

CARLOS ARTURO LOPEZ DIAZ

Universidad Industrial de Santander
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2014

Dedicatoria

*Este trabajo está dedicado a Dios creador de todo, a mi
mama y mi hermana que me apoyaron en todo momento y a
toda mi familia que me quiere y alientan a seguir adelante en
este proceso de la vida.*

Contenido

INTRODUCCION	12
1. MODELO ESTRUCTURAL.....	13
2. SISTEMA POSTENSADO	16
2.1 DISEÑO DE PLACAS.....	17
2.2 PROCESO CONSTRUCTIVO	20
3. COORDINACION OBRA PRETCON	23
4. ACTIVIDADES DE GESTION EN LA EMPRESA	23
4.1 GESTION DE CONTRATO DE OBRA Y ANTICIPOS	24
4.2 DESARROLLO DE ACTAS DE CORTE	24
5. CONCLUSIONES.....	25
6. AGRADECIMIENTOS.....	25
7. REFERENCIAS	25
8. BIOGRAFIAS	26

Lista de imágenes

Imagen 1	placa armada por PRETCON en Barranquilla_____	16
Imagen 2	se muestra la varilla del perfil en viga._____	21
Imagen 3	armado de uniformes_____	22
Imagen 4	proceso de vaciado de concreto en placa._____	22
Imagen 5	tensionamiento de los cables._____	22
Imagen 6	medición de la elongación de un torón luego de ser tensionado mediante una marca base_____	23

Lista de tablas

Tabla 1	cantidades de materiales postensado en bandas_____	21
Tabla 2	registro de tensionamiento_____	23
Tabla 3	datos para la realización de corte de obra_____	24

Lista de figuras

Figura 1	esquema de trabajos en la práctica empresarial _____	13
Figura 2	arquitectura tipo torre 1 sunset 100 Barranquilla _____	14
Figura 3	modelo 3D mediante programa ETABS v9.7 _____	15
Figura 4	esquema típico de caisson de cimentación _____	16
Figura 5	placas en modelo con losa maciza _____	16
Figura 6	imagen 3d donde se aprecia la consideración de todos los elementos que interactuaran en la placa para el análisis. _____	17
Figura 7	franjas de diseño en el modelo. _____	17
Figura 8	diagrama de cargas ingresado al programa. _____	18
Figura 9	diagrama básico de balance de fuerzas en un sistema postensado _____	18
Figura 10	curvas de deflexiones a largo tiempo en placa típica. _____	18
Figura 11	pre compresión en placa. _____	19
Figura 12	perspectiva de los cables en el programa de modelamiento de losas RAM Concept. _____	19
Figura 13	detalle de una zona de plano de bandas _____	20
Figura 14	detalle de una zona de plano de uniformes _____	20
Figura 15	detalle de una zona de plano de acero _____	20
Figura 16	áreas a cobrar en cortes. _____	25

Resumen Ejecutivo del Trabajo de Grado

Título: PRACTICA EMPRESARIAL PRETCON S.A.S*.

Autor: EFRAIN EDUARDO VARGAS RODRÍGUEZ†, efravaix@hotmail.com

Palabras claves: sistema postensado, práctica empresarial, proceso constructivo, edificio residencial, modelo estructural, diseño de losas.

Breve reseña del proyecto:

Este informe presenta el resumen de los trabajos realizados en la práctica empresarial en convenio con la empresa PRETCON SAS y la Universidad Industrial de Santander como proyecto de grado para aspirar al título de ingeniero civil, con una duración de cuatro meses la cual se enfocó en el proceso de diseño y constructivo de la obra de uso residencial Sunset 100, de la constructora JJ CONSTRUCCIONES, ubicada en la ciudad de barranquilla Colombia, el cual consiste en tres edificaciones tipo vivienda, dos torres de doce pisos y una torre de cinco pisos, enfocándose en los detalles de diseño, revisión de diseño. Colocación, supervisión técnica de proceso constructivo estructural y tensionamiento de la estructura tipo pórtico con losa postensada cumpliendo con las normativas vigentes en Colombia para las construcciones sismo resistentes, adquiriendo habilidades de coordinación actividades, supervisión técnica de procesos, manejo de personal y de gestión administrativa, de lo cual se concluye la importancia de la tecnificación de los sistemas constructivos para cumplir con los objetivos de la construcción actual de optimizar los materiales, tiempos y seguridad de la estructura que otorgan los sistemas postensados, con lo cual se logra la competir en el mercado nacional de la construcción de vivienda. Con el presente trabajo se espera dar una guía informativa a los procesos operativos relacionados con los sistemas postensados desde su diseño hasta su tensionamiento que actualmente se aplican en Colombia para edificaciones.

* Trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial.

† Facultad de ingenierías Físico- Mecánicas, Escuela de ingeniería Civil

Director: Gustavo Chio Cho.

Abstract of the Undergraduate Project

Title: BUSINESS PRACTICE PRETCON S.A.S[‡].

Author: EFRAIN RODRIGUEZ EDUARDO VARGAS[§], efravaix@hotmail.com

Keywords: post-tensioning system, business practice, constructive process, residential building, structural model, design of slabs.

Brief overview of the project:

This report presents a summary of the work done in business practice in partnership with SAS PRETCON company and the Industrial University of Santander as draft grade to claim the title of civil engineer , lasting four months which focused on the process of design and construction work of residential Sunset 100, the JJ CONSTRUCCIONES construction , located in the city of Barranquilla Colombia , which consists of three buildings housing type , twelve-story twin towers and five-story tower , focusing in the details of design, design review . Placement, technical supervision of construction process and structural tightening of the gantry structure with post-tensioned slab complying with current legislation in Colombia for earthquake resistant buildings , acquiring skills of coordination activities , technical oversight processes , personnel management and administration, which the importance of the modernization of building systems to meet the objectives of optimizing the current construction materials , time and security afforded by the post-tensioned structure systems is concluded , which is achieved with the competitive market national housing construction . The present work is expected to give an informative guide to operational processes related to post-tensioned from design to tightening currently applied in Colombia systems for buildings.

[‡] Final undergraduate Project developed in the practice modality.

[§] Physics Mechanical Engineering Faculty. civil school

Director: Gustavo Chio Cho

PRÁCTICA EMPRESARIAL PRETCON S.A.S.

Efraín Vargas⁵, Gustavo Chío⁶, Ing. CIVIL

Resumen -- el presente informe presenta los trabajos realizados en la práctica empresarial en convenio con la empresa PRETCON SAS y la Universidad Industrial de Santander, la cual se enfocó en el proceso constructivo de la obra de uso residencial Sunset 100 de la constructora JJ CONSTRUCCIONES, ubicada en la ciudad de Barranquilla Colombia, concentrándose en los detalles de diseño, colocación y tensionamiento de la estructura postensada cumpliendo con las normativas vigentes, de lo cual se concluye la importancia de la tecnificación de los sistemas constructivos para cumplir con los objetivos de la construcción actual: optimizar los materiales, tiempos y seguridad de la estructura que otorgan los sistemas postensados, con lo cual se logra la competitividad en el mercado nacional de la construcción de vivienda. Con el presente trabajo se espera dar una guía informativa a los procesos operativos relacionados con los sistemas postensados que actualmente se aplican en Colombia para edificaciones.

Palabras clave:-- sistema postensado, práctica empresarial, proceso constructivo, edificio residencial, modelo estructural, diseño de losas.

NOMENCLATURA

R: coeficiente de capacidad de disipación de energía para ser empleado en el diseño.
Ro coeficiente de capacidad de disipación de energía básico definido para cada sistema estructural y cada grado de capacidad de disipación de energía del material estructural.
Ry coeficiente de capacidad de disipación de energía básico definido para cada sistema

estructural y cada grado de capacidad de disipación de energía del material estructural en un sentido de la estructura.
Ry coeficiente de capacidad de disipación de energía básico definido para cada sistema estructural y cada grado de capacidad de disipación de energía del material estructural en el otro sentido de la estructura.
Øp coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en planta de la edificación
Øa coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en altura de la edificación
Ør coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por ausencia de redundancia en el sistema de resistencia sísmica
DMO pórticos en concreto con capacidad de disipación de energía moderado.
f'c resistencia a la compresión del concreto.

INTRODUCCIÓN

La construcción de edificios más eficientes, hace que cada día se actualicen y desarrollen tecnologías, procesos constructivos y materiales. Una de estas tecnologías es el sistema postensado, el cual inicialmente se utilizaba en mega estructuras como puentes, represas y pisos industriales, la empresa PRETCONS S.A.S. es una de las principales compañías del país dedicada a la masificación en la aplicación del sistema postensado, no sólo a estructuras especiales, también a estructuras de edificaciones de viviendas y oficinas, mediante un arduo trabajo de ingeniería especializada en el diseño, colocación, soporte técnico, reparaciones y demás actividades generadas de este proceso.

⁵ E.E. Vargas es estudiante de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander (UIS) Bucaramanga, Colombia. Correo-e:efravaix@hotmail.com.

⁶ G. Chío Cho es profesor de planta de la escuela de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander (UIS) Bucaramanga, Colombia, correo-e: gchioch@gmail.com

De lo anterior, la empresa PRETCON S.A.S⁷ mediante el desarrollo del convenio de prácticas empresariales con la Universidad Industrial de Santander, busca generar profesionales con las capacidades técnicas e interpersonales para asumir el reto de desarrollo regional y nacional de la empresa, brindando a estudiantes, la oportunidad como practicantes, de poner al servicio todas las capacidades y conocimientos técnicos adquiridos previamente en el curso de la carrera de pregrado de ingeniería civil, para así lograr un reconocimiento y posicionamiento de la empresa, para el caso particular, en el caribe colombiano.

Mediante esta práctica se realizó la colaboración directa en las áreas de diseño de estructuras, diseño de sistemas postensados, programación de procesos de materiales para estructuras, programación de actividades en obra, programación de compra de materiales, revisión de inventarios, revisión de planos, actas de corte de avance, actas de inicio y entrega de trabajos, búsqueda de personal idóneo para desarrollo de las actividades, manejo del personal de obra y asistencia a los comités y reuniones técnicas de obra requerida por los contratantes de las obras y demás actividades correspondientes a labores realizadas por la empresa. Lo anterior constituye las diferentes etapas del desarrollo de cuatro meses de prácticas.

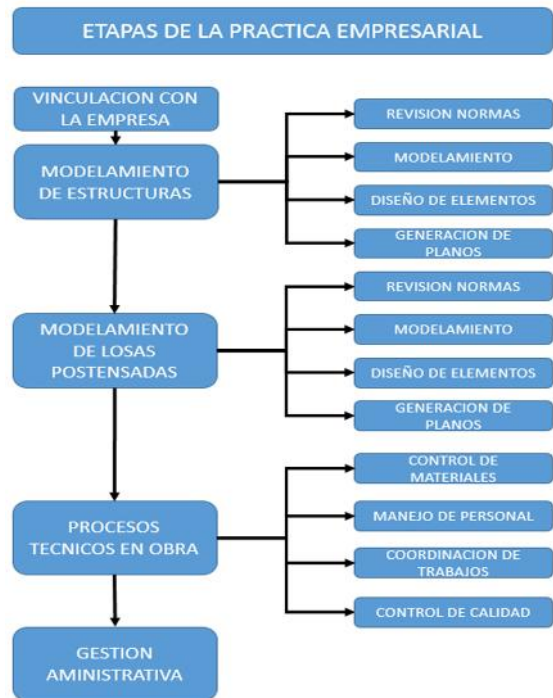


Figura 1. Esquema de trabajos en la práctica.

Fuente: E. Vargas

1. MODELO ESTRUCTURAL.

De acuerdo al planteamiento arquitectónico⁸ entregado por parte de la constructora (figura 1) y los estudios de suelos, se inicia con los planteamientos estructurales preliminares, los cuales son presentados a la constructora, para llegar a un acuerdo y ajuste por las dos partes y dar inicio al modelamiento de la estructura.

⁷ Empresa de colocación y diseño de sistemas postensado, Bucaramanga Colombia, www.pretcon.com

⁸ Planos entregados por la constructora JJ Construcciones Ltda. Barranquilla Colombia, versión 09/10 del 2013

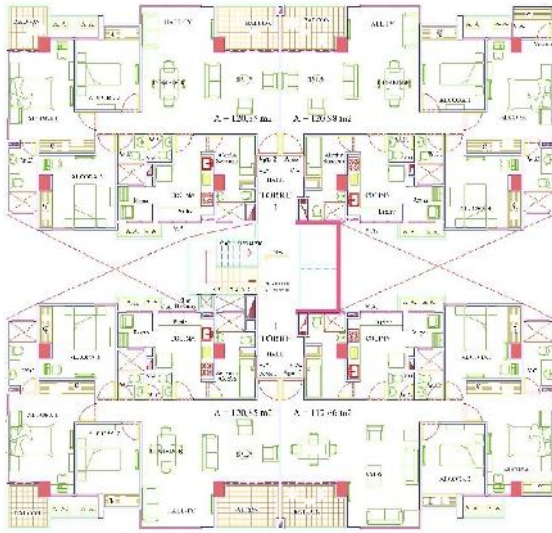


Figura 2. Arquitectura tipo de la torre 1, (se muestra la arquitectura de la planta típica de apartamentos, la disposición de los elementos estructurales están mascados en color rojo en la figura). Fuente: E. Vargas

Dentro de las condiciones para realizar el análisis de los modelos se debe caracterizar la estructura y enmarcarla dentro de los diferentes parámetros que son contemplados por la norma sismo resistente colombiana NSR 10⁹ la cuál es la vigente actualmente, para este modelamiento se utilizó el programa Etabs¹⁰ el cual cuenta con las herramientas tecnológicas para el diseño de los diferentes elementos estructurales como cimentación, columnas, vigas y demás elementos que formen parte del pórtico de resistencia sísmica, se revisaron las diferentes variables y se llegó a una estructura óptima y que cumpla con los requisitos exigidos por las normas, de lo cual se presenta un informe ante curaduría con las memorias de cálculo, donde es posible identificar las variables resultado del análisis, como las derivas y esfuerzos de los elementos, los cuales están dentro de los parámetros permitidos.

⁹ Reglamento colombiano de Construcciones Sismo Resistentes creada por ley 400 de 1997.

¹⁰ETABS v9.7 Programa de análisis estructural integrado, CSI Inc, www.csiamerica.com

¹¹ Reglamento colombiano de Construcciones Sismo Resistentes creada por ley 400 de 1997 Capitulo A.3.1

El proyecto se encuentra soportado en pórticos de concreto resistentes a momentos con pantallas estructurales [4], el sistema estructural se analizó en un software basado en elementos finitos (Modelo Tridimensional), se diseñaron cada uno de los elementos estructurales para tener una capacidad moderada de disipación de energía (DMO), tal como lo exige la NSR-10 para este tipo de estructuras en zonas de amenaza sísmica [1].

En el análisis de la capacidad de disipación de energía, se revisaron las irregularidades en planta y altura, considerada irregular en las dos, por lo que el coeficiente de capacidad de disipación de energía “R” será:

$$R_{x,y} = R_o \times \phi_p \times \phi_a \times \phi_r$$

$$R_o = 7.0 \text{ (Pórticos en concreto)}$$

$$R_x = 5.0 \times 0.90 \times 0.90 \times 1.00 = 4.05$$

$$R_y = 5.0 \times 0.90 \times 1.00 \times 0.75 = 3.38$$

El análisis y diseño de la estructura se realizó con un programa de análisis tridimensional que integró la totalidad de la estructura. Para el análisis de las cargas verticales y masas, se utilizaron los parámetros definidos en el Título B de la NSR-10[11]. Para la obtención de las cargas sísmicas se utilizó análisis dinámico con distribución modal, se llevó el cortante basal al 90% del obtenido con el método de la fuerza horizontal equivalente¹², dadas las características de simetría de la estructura [1]. Las masas se aplicaron con la rutina interna del programa de análisis, el cual realiza el cálculo con base en la densidad de los elementos, centros de masa, centros de rigidez; todo esto en forma más discriminada y exacta que cualquier análisis manual[3].

El análisis y diseño de las losas se realizó con un software de elementos finitos, en el cual se modeló tanto la geometría de la placa y sus apoyos, como la aplicación exacta de las cargas, lo cual redundó en un

¹² Este método tradicional consiste en remplazar el efecto del sismo en una edificación, por un conjunto de fuerzas equivalentes, aplicadas en los niveles de los pisos del edificio que equilibran el cortante de base.

diseño más eficiente y confiable que con métodos tradicionales de franjas.

Las especificaciones para la concepción de la estructura son las siguientes:

Pórticos--en concreto espacial con capacidad moderada de disipación de energía (DMO) en losas de entrepiso y cubierta con placas macizas y vigas descolgada (figura 3).

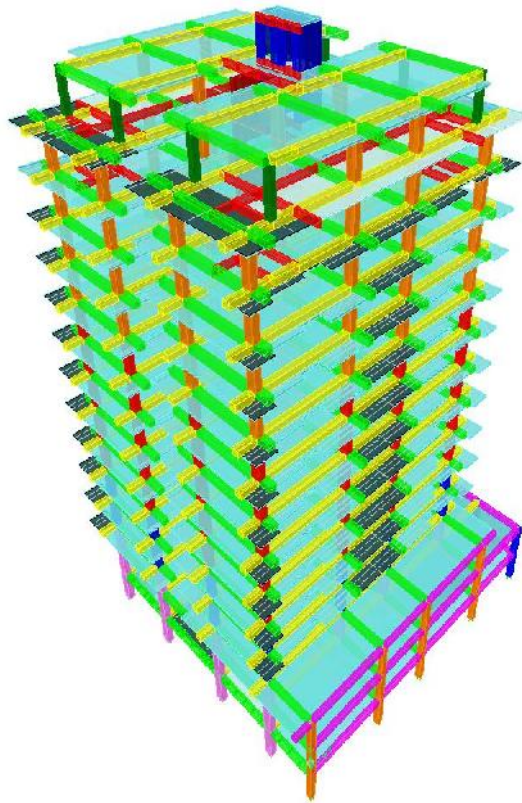


Figura 3. Modelo 3D mediante programa etabs[2].
Fuente: E. Vargas

Concreto Estructural-- para muros, columnas, losas y vigas y cimientos: $f'c = 21$ Mpa (210 kg/cm² ó 3000 psi), $f'c = 28$ Mpa (280 kg/cm² ó 4000 psi), $f'c = 35$

Mpa (350 kg/cm² ó 5000 psi), $f'c = 42$ Mpa (420, kg/cm² ó 6000 psi).

Acero Preesforzado--El acero utilizado para hormigón pre-forzado debe ser un cable de 7 alambres liberado de tensiones, fabricado de acuerdo con la norma ASTM A416¹³[6], teniendo una resistencia de tensión final

Diámetro nominal	1/2" (0.5cm)
Área	(98.71 mm ³)
Módulo de elasticidad	(186.165-213.745MPa)
Resistencia mínima (última)	183.7KN
Fuerza máxima temporal	(146.78KN)

El cable debe estar recubierto con grasa para evitar la oxidación y envuelto por un revestimiento de plástico. Un revestimiento roto o dañado debe ser reparado antes de que se vacíe el hormigón.

Anclajes--Todos los elementos para anclar deberán cumplir con los requisitos mínimos establecidos por la A.C.I.¹⁴ y por el Post Tensioning Institute (PTI) "Specifications for Unbonded Single Strand Tendón"¹⁵ [7].

Sistema de cálculo

Análisis sísmico: Fuerza Horizontal Equivalente,
Modal

Análisis estructural: Método de Rigidez

Diseño estructural: Última resistencia

Dentro del análisis estructural también se plantea el tipo de cimentación de la estructura, el cual, según recomendación del especialista en geotecnia del proyecto, se presenta como una serie de caissons¹⁶ ubicados como soporte para los dados, de soporte de los elementos verticales, estos elementos se llevaron hasta la profundidad indicada para cumplir con la resistencia portante de carga. En la figura 3 se

¹³ ASTM A416/A416M-06 Especificación Normalizada para Torón de Acero, de Siete Alambres Sin Recubrimiento para Concreto Preesforzado, www.astm.org.

¹⁴ Estándar Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI-318-95 capítulo 18) (1995)

¹⁵ Aalami.B.O. (1994), Post Tensioning Institute, Phoenix Az (1994)

¹⁶ es un tipo de cimentación semiprofunda, utilizada cuando los suelos no son adecuados para cimentaciones superficiales por ser blandos

en los procedimientos de la empresa se realiza un único tensionamiento con carga completa a los torones, el cual se realiza según estudios, cuando el concreto obtiene una resistencia de $f'c$ de 3000 psi (el concreto de placa se manejara con resistencia de diseño de 4000 psi), lo cual en la práctica, se logra en 3 a 4 días, esto da como resultado el poder desencofrar posterior al tensionamiento, dando un retorno de equipo de formaletas muy rápido, disminuyendo costos de equipos en obra

2.1 DISEÑO DE PLACAS.

El sistema postensado es versátil en cuanto a resultados, ya que el cambio de diferentes variables puede generar un mismo resultado, como ejemplo, una viga con una cantidad de cables a un determinado perfil puede comportarse estructuralmente igual a otra que tenga más o menos cables con un perfil diferente, siendo esto una muestra entre tantos factores, como las cargas de los tendones, longitud, materiales, accesorios, proceso de tensionamiento, lugar de tensionamiento, etc, en la figura 6 se puede apreciar el modelo en 3D extraído del programa de análisis para losas postensadas.

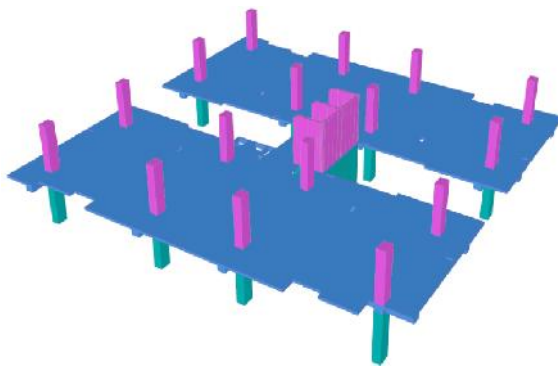


Figura 6, imagen 3D donde se aprecia la consideración de todos los elementos que interactúan en la placa para el análisis. Fuente: E. Vargas

Para el proyecto Sunset 100¹⁷ se trabajó con un sistema de torones no adherido, esto significa que los torones no están conectados directamente al concreto,

son cables cubiertos con una funda y un lubricante que permite su deslizamiento al momento del tensionamiento, lo cual indica que este transmite sus cargas mediante los anclajes y las componentes radiales al cable, ya que éste, no solo ejerce cargas para arriba o abajo exclusivamente, también se puede manipular para ejercer en un plano horizontal de ser necesario. Los diferentes parámetros de diseño y de modelamiento para las losas se rigen según la NSR-10 y mediante la utilización del programa de RAM-CONCEPT¹⁸ de la empresa BENTLEY, reconocida por programas de modelamiento estructural.

El análisis de los modelos por elementos finitos, permite una interacción más apropiada de todos los elementos, ya que este programa incluye también los elementos verticales, ventanas en la placa que dan un diseño integral y global de la placa, y la interacción de cada elemento. Como se comentó anteriormente, son diferentes los parámetros que entran en juego al momento del diseño de las losas postensadas para un mismo resultado, por lo cual es importante el talento técnico para optimizar la estructura, ya que tanto conocimiento como experiencia se unen para llegar a este resultado.

Dentro de las cualidades del programa está el desarrollo de franjas de diseño dentro de la placa, las cuales dan un informe detallado de esfuerzos y demás información importante para el análisis.

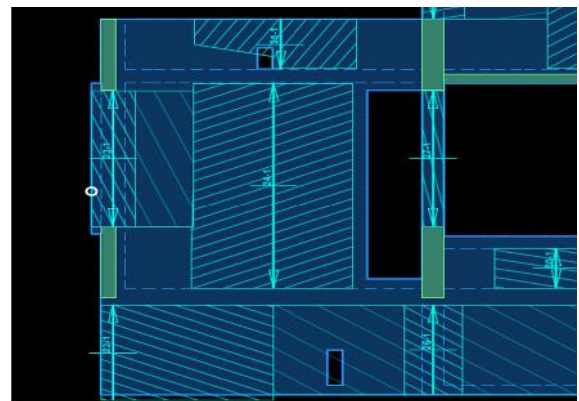


Figura 7, franjas de diseño¹⁹ en el modelo. Fuente: E. Vargas

¹⁷ Constructora JJ construcciones, barranquilla Colombia, 2013.

¹⁸ BENTLEY SYSTEMS . INC, ram concept v8i versión 5.0.1, PT/RC versión, Oct 11 2012, www.bentley.com

¹⁹ Las franjas de diseño se plantean en las zonas donde se espera tenga requerimientos especiales de diseño, normalmente se plantean en toda la placa para hacer un refinamiento completo del

Las franjas de diseño se plantean tanto en la dirección de las bandas como de los cables uniformes.

Dentro del programa, es posible realizar un análisis de cargas preciso, mediante la colocación de las cargas en sus posiciones exactas como muros, acabados, realces, pedestales, tipos de uso de las losas y demás caracterizaciones de cargas que dan como resultado un modelo más eficiente.

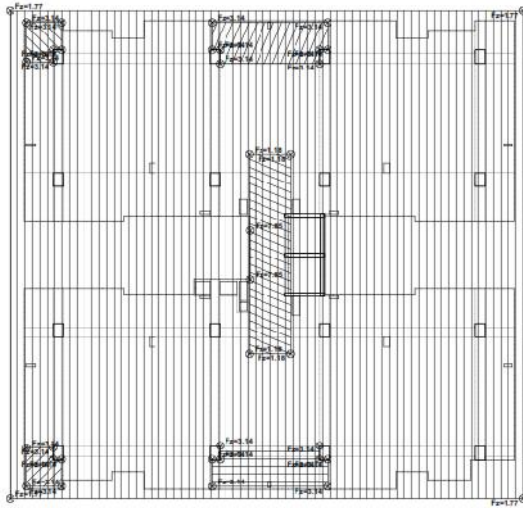


Figura 8, diagrama de cargas ingresado al programa, las cargas se pueden distribuir en áreas, líneas o puntualmente, en la gráfica se ven cuadro achurados que representan la carga aplicada. Fuente: E. Vargas

Algo para resaltar en el programa de diseño utilizado es el análisis de deflexiones a largo plazo, el cual brinda una idea del comportamiento de la placa con el pasar del tiempo, donde es posible identificar las zonas deficientes o con problemas de sobre balance de carga en las placas, ya que es importante prever su comportamiento en el tiempo y tener presente que el sistema postensado es un sistema activo y tiene una forma de aplicación de cargas mecánico por medio de los tendones.

diseño, en la grafica se pueden apreciar como áreas achuradas con una línea de acción central (flecha).

²⁰ Dr. P. Ritz, Civil Engineer ETH, VSL INTERNATIONAL LTD, Berne/Switzerland,

²¹ Diagrama que muestra la condición de una viga postensada, donde W es la carga y el efecto flector

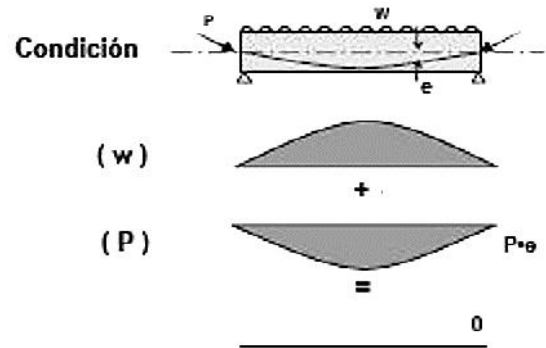


Figura 9²⁰, diagrama básico de balance de fuerzas en un sistema postensado²¹. Fuente: E. Vargas

En la figura 10, se aprecian las curvas de deflexión a largo tiempo en la placa típica del proyecto, los datos se presentan en mm, los cuales están muy por debajo de las normas para este tema, el programa contempla la interacción completa de la placa para este análisis y no por elemento independientes, como se haría normalmente en un análisis para estructuras tradicionales.

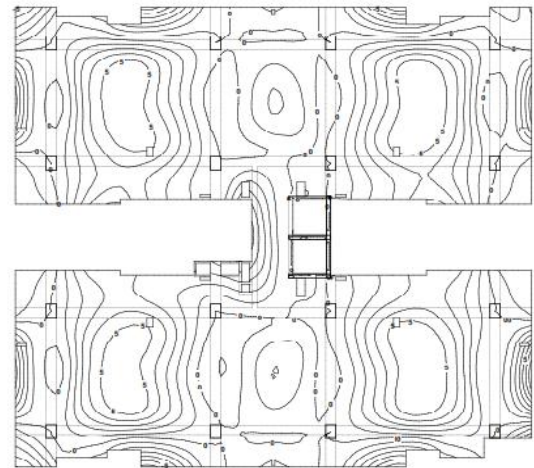


Figura 10, curvas de deflexiones a largo tiempo en placa típica²². Fuente: E. Vargas

que produce esta carga, P es la compresión de postensado y el efecto de flexión de este, la suma de estos dos efectos produce su anulación.

²² Las curvas son auto ajustadas en escala por el programa o ajustadas manualmente las cuales

La pre compresión en la placa es la característica que hace que el sistema postensado se comporte como tal y este es un tema que también debe ser estudiado y analizado mediante modelos, en la figura 11, se observa el comportamiento en las fibras inferiores de la placa en un determinado sector, para así chequear que las condiciones de pre diseño sean las correctas, con valores en kg/mm²

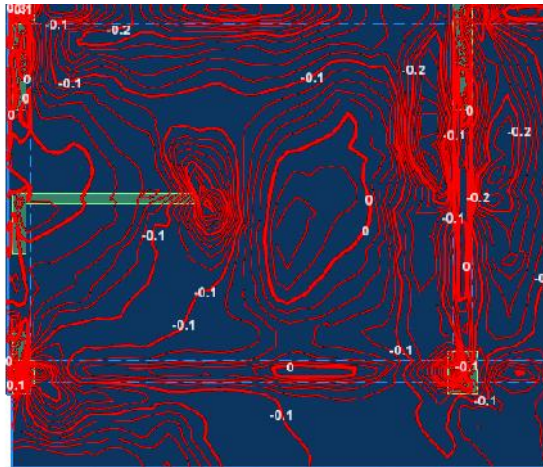


Figura 11, pre compresión en placa, las líneas curvas rojas indican la carga de compresión que se encuentra aplicada en la placa, a lo largo de esa curva corresponde a un valor de compresión. Fuente: E. Vargas

Una vez se obtienen los resultados esperados en comportamiento y cantidades de materiales se prosigue a la transferencia de información a los planos, algo que gracias al avance del software es cada día más ágil.

representan la línea en la cual se presenta una misma deflexión.

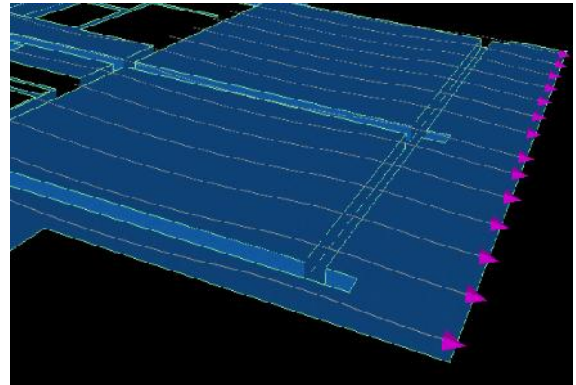


Figura 12, perspectiva de los cables en el programa de modelamiento de losas RAM Concept, el área azul indica la superficie inferior de la placa, las líneas blancas indican tendones, los conos magenta indican la salida y punto de tensionamiento de los tendones. Fuente: E. Vargas

Se hacen las respectivas confrontaciones de planos estructurales que permitan resolver los posibles inconvenientes constructivos, para así darles solución antes de la ejecución, produciendo los planos de construcción, los cuales se descomponen en tres elementos para la placa: plano de bandas (figura 13) el cual muestra los cables concentrados en las vigas; plano de uniformes (figura 14) el cual muestra los cables que van distribuidos uniformemente en la placa y el plano de aceros (figura 15) que tiene que ver con todo aquel refuerzo que no es pre esforzado, la combinación de estos tres planos es la que conforma en total el refuerzo estructural que junto con el concreto conforman las placas macizas.

Dentro de los procesos contemplados en la práctica están las revisiones de los planos y de los cambios ocurridos en obra, que requieren que se hagan ajustes a los planos, estos ajustes quedan consignados en los planos con nubes y fecha de cuando se realizaron, para hacerles seguimiento y cumplimiento a estos cambios.

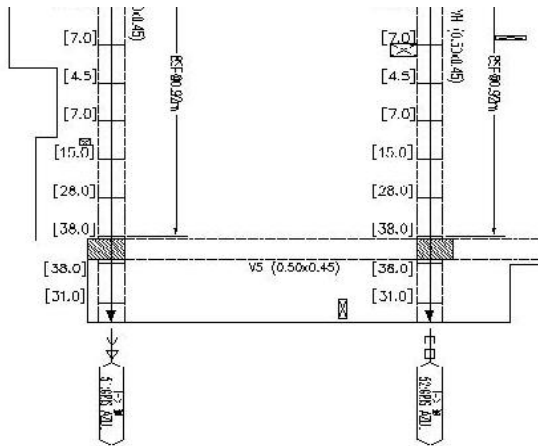


Figura 13. detalle de una zona de plano de bandas²³.

Fuente: E. Vargas

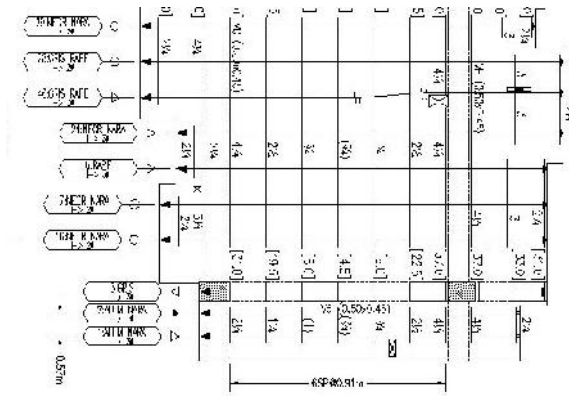


Figura 14. detalle de una zona de plano de uniformes²⁴. Fuente: E. Vargas

²³ Se aprecian los tendones ubicados en las vigas con un marcado a lo largo de la viga que indica la altura a la que debe ir el cable en ese punto.

²⁴ Se ven los cables distribuidos de manera uniforme colocados en sentido horizontal, las líneas

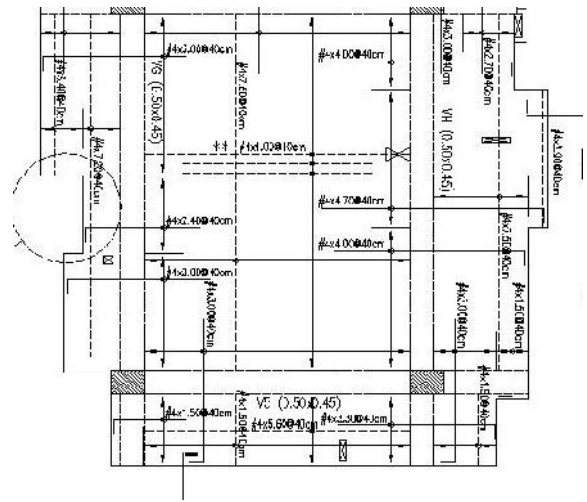


Figura 15. detalle de una zona de plano de acero, las líneas continuas indican refuerzo superior, las líneas punteadas indican refuerzo inferior. Fuente: E. Vargas

2.2 PROCESO CONSTRUCTIVO.

Una vez concebidos y aprobados los planos tanto por la constructora como la curaduría, se comienza con el proceso constructivo.

Dentro de las actividades planteadas por la empresa para la práctica, se realizó la revisión minuciosa de los planos finales, obtención de las cantidades para el sistema postensado y la organización de todos los procesos para llevar a la realidad estos diseños.

La obtención de las cantidades se realiza mediante la tabla de listas de corte, en las cuales se consigna todos los elementos necesarios para la colocación y postensamiento del sistema (tabla 1): anclajes, cables con sus longitudes, cuñas, conos, y silletería, para lo cual se debió gestionar la obtención de una planta física donde se pudiera almacenar y realizar los preparación para los trabajos en obra.

Como medida de optimización de los procesos, en la planta se prepararan los diferentes cables con sus medidas y sus marcados distintivos, la elaboración de

verticales indican el perfil que deberá llevar los cables que esta cruce, los rombos indican el nombre y cantidad de cables por línea.

silletería que permitirá el perfilado de los cables, y el conteo y preparación de los accesorios en stock de la empresa. Una vez todo esta listo, se prepara el embarque para llevar todo a la placa, de esta información se lleva un control global de materiales, el cual será reportado a la empresa cada vez que se genere una novedad.

Tabla 1²⁵, cantidades de materiales postensado bandas. Fuente: E. Vargas

Tendons	Length	Length	SE	DE
12	19	228	24	0
No	CODE	DIRECTN	Bundle	Color
0	1200	I-----		BLAN

El trabajo en obra, una vez coordinado con el residente de obra, en cuanto a la programación y los pre requisitos que la obra deberá cumplir para realizar la colocación del sistema postensado, que son, la formaleta para la placa y el refuerzo no postensado²⁶, una vez aprobados según planos, da paso a la colocación del postensado.

Los procesos en la colocación²⁷ inician con el marcado de la placa, el cual se realiza con una pintura visible en todas las posiciones de los cables, los cuales inicialmente se colocan en las bandas, que serán las que se posicionan dentro de las vigas, y se colocan las varillas en estas marcas como soporte de perfil, a lo cual se le hace la primera revisión para dar paso al montaje de los cables como se puede ver en la figura 16, donde se aprecia ya la varilla colocada dentro de la viga a una altura específica, esta altura se observa en la imagen 2, la cual está como un numero entre paréntesis (medida en cms.)



Imagen 2²⁸, se muestra la varilla del perfil en viga. Fuente: E. Vargas

Luego se toman los cables de uniformes, en los cuales se repite el proceso de marcado de la losa con las separaciones y perfiles indicados en planos, estos cables se colocarán según sean identificados mediante un código de colores por el cual se logran ubicar con rapidez en la placa, se deberá colocar su salida de tensionamiento con sus accesorios[5] [6], se asegurarán estos cables a un hierro de colocación que mantendrá todo fijo en la placa, luego, se realizará la adecuación del perfil de los cables, el cual se calibra con una serie de sillas²⁹ con alturas específicas donde descansara el cable a la altura de perfil adecuada, finalmente, se hace el detallado de refuerzo de anclajes, el cual es una disposición de varilla que permite el confinamiento de los esfuerzos producidos por los anclajes en la placa. En la imagen 3 se observa la placa lista, donde ya se han colocado los cables de bandas y de uniformes.

²⁵ E. Vargas, formatos control PRETCON, Bucaramanga,2013

²⁶ consta de una serie de barras que contemplan los esfuerzos de retracción y parámetros de seguridad contemplados en diseño

²⁷ PTI C30.1S-06: Nivel 1 - Aspectos Básicos en Campo. 2006, www.post-tensioning.org.

²⁸ PTI C30.1-03: Level 1 Unbonded PT - Field Installation, 2003, www.post-tensioning.org

²⁹ Son los elementos para el posicionamiento del cable en la losa, calibrados con dimensiones específicas que dan la altura al cable, fabricadas en cemento, plásticos o metálicas según necesidades



Imagen 3, armado de uniformes. Fuente: E. Vargas

Una vez esté completo el armado, se procede a la revisión final, en la cual se corrigen posibles fallas en el perfil, producto de la interacción en la construcción con los diferentes componentes de la placa como son: las tuberías embebidas, pases, buitrones y refuerzos, ya que las tolerancias en la colocación del postensado son muy pequeñas y por parte de la empresa se deben considerar como 0 dando así una excelente calidad en el proceso que garantizará las mejores condiciones de acuerdo a diseños, previniendo también problemas técnicos en el tensionamiento. Una vez realizado lo anterior, se dará el visto bueno para el proceso de fundida de la placa.

El paso siguiente, es el tensionamiento, el cual se realiza en varias etapas comenzando con la preparación de la placa, donde se deberá desmontar la formaleta lateral comprendida por conos que le dan la cavidad para el tensionamiento, se limpian cables y la cavidad dejada por el cono, se colocan las cuñas y se marca la medida de referencia para el tensionamiento, una vez se tienen los resultados de resistencia del concreto por parte de la constructora mayores a 3000 psi, se procede al tensionamiento.



Imagen 4, proceso de vaciado de concreto en placa. Fuente: E. Vargas

En la experiencia con la obra donde se trabaja con la empresa Argos como suministradora del concreto, se encontró que bajo las condiciones de producción que ellos manejan un concreto de 4000 psi, cumple normalmente con los 30000 Psi al cuarto día sin un aditivo específico, una vez se entregan estos resultados de concreto, se procede a tensionar con un equipo hidráulico.



Imagen 5, tensionamiento de los cables. Fuente: E. Vargas

Este equipo cuenta con las adaptaciones necesarias para realizar de una manera práctica y controlada el proceso de tensionamiento, el equipo se encuentra calibrado de tal manera que al llevarlo a una presión específica, la cual se lee en el dial, entrega al cable una fuerza efectiva de 12 ton[6] [8], con lo cual evidencia que se deben tener las medidas de seguridad pertinentes y la capacitación de los trabajadores en el proceso debe ser estricta y constante, en el caso de este proyecto, el equipo estaba calibrado para leer 5600 psi de presión para entregar la fuerza esperada. Una vez tensionado el cable se procede inmediatamente a medir la

elongación de éste, mediante la marca de referencia dejada anteriormente ya que esta medida es el reflejo de la fuerza que está actuando en el torón.



Imagen 6, medición de la elongación de un torón luego de ser tensionado mediante una marca base.

Fuente: E. Vargas

Se verifica que el cable esté dentro del rango aceptable y de no ser así se deberá realizar los ajustes necesarios, como re tensionar o soltarlo para nuevamente llevarlo hasta la carga adecuada, estos datos son enviados al departamento de diseño para su aprobación y así proceder con la etapa final que es encapsular el cable cortando su punta de tensionamiento con un equipo de oxicorte y colocando los accesorios del sistema. Ningún elemento quedara visible después de completar el proceso, estos datos son consignados en un registro Log³⁰ de elongaciones donde quedara la memoria de estas elongaciones. En la siguiente tabla es posible ver los datos que son consignados en el registro de tensionamiento donde se identifica el cable, longitud, presión medida en el equipo, elongación calculada, elongación real, y la desviación en base a la elongación calculada.

Tabla 2. Registro de tensionamiento
Vargas

Fuente: E.

REGISTRO DE TENSIONAMIENTO			
Tendon	Cable	Gauge	Calc.
Number	Length	Reading	Elongation
1,1	10	5700	6,5
Measured Elongation			
End 1	End 2	Total	Deviation %
6,70		6,7	3,1

Así, este proceso es repetitivo placa a placa pero adaptándose a cada una de ellas según su geometría, su uso, y los tiempos programados de obra para llevar a cabo las tareas dentro de los tiempos, la calidad del personal y su preparación son importantes en todas las etapas del proceso.

3. COORDINACIÓN OBRA-PRETCON

Un aspecto importante en la construcción es la adecuación de los diseños y procesos según las condiciones reales de la obra. Gracias a los procesos de control, antes de la construcción y del acompañamiento técnico paso a paso se han previsto todos los posibles cambios e inconsistencias entre los planos entregados y la obra.

Se realizaron mediciones topográficas, consultas con los geotecnistas encargados, reuniones con diferentes contratistas vinculados al proyecto mediante comités para esclarecer cualquier duda del sistema y así lograr un producto que cumpliera con las necesidades de la constructora, de lo cual se generaron informes³¹ semanales también contenidos dentro de los informes de gestión en la empresa.

4. ACTIVIDADES DE GESTIÓN EN LA EMPRESA.

Uno de los objetivos en la práctica empresarial fue realizar actividades de gestión de la obra en el sentido administrativo y generar las aptitudes de relación interpersonal con las diferentes personas que hacen

³⁰ E. Vargas, formatos de control de procedimientos Barranquilla, Colombia, 2013

³¹ E.Vargas, informes de actividades semanales, oct 2013-ene 2014

parte de proceso, desde los trabajadores en obra, inspectores, Ing. residente, gerente y dueño del proyecto. Como parte del acompañamiento técnico, participación en comités, reuniones de interés general de la obra, cortes de obra, procesos de trámites de documentos relacionados al contrato.

Presentación de informes semanales de las situaciones de las obras, su programación y necesidades semana a semana a la oficina principal en la ciudad de Bucaramanga, estos informes se envían mediante un correo electrónico designado por la empresa para uso confidencial de la misma.

Dentro de los aportes en la parte administrativa de los materiales, está la implementación de formatos de control de entrada y salida de materiales para la bodega³², ya que a esta llegan importaciones de materiales, estos formatos por su extensión serán referenciados en la bibliografía de este artículo.

La búsqueda del personal idóneo para las actividades a realizar, trabajadores dispuestos a aprender nuevas técnicas y manejar las normativas de la empresa, con cualidades como el sentido de pertenencia por la empresa y el respeto por los prójimos, recibiendo como retribución la gestión constante de la empresa por la estabilidad laboral de ellos al ya llevar posicionados en el sector caribe del país más de 3 años, brindándole continuidad a los trabajadores.

Actuar como representación de la empresa en la ciudad de barranquilla, Santa Marta y Cartagena en los acercamientos con clientes potenciales, ya realizando contacto con empresas como Inacar S.A., constructora Castro Panesso, constructora Grama, grupo Area, entre otras, que gracias a la presencia de la empresa en la costa, ven a PRETCON como una opción para la solución de sus sistemas estructurales.

Debido al tiempo en el que se realizó la práctica y a que los tiempos de la obra Sunset 100 no coincidieron para exponer con este mismo proyecto el tema de la gestión administrativa con las obras, se mirará este punto con la obra Prato 52, proyecto que también ha sido trabajado dentro de la experiencia en la empresa.

4.1 GESTIÓN DE CONTRATO DE OBRA Y ANTICIPOS.

Los procesos contractuales, como contratos, actas de inicio generación de pólizas para el contrato y finalmente anticipos son partes cruciales para darle arranque a un proceso constructivo, si bien el conocimiento de los clientes, su experiencia y referencias son apreciables, nada se debe dar por dicho hasta no tener estos trámites completos, como función dentro de la practica se gestionaron y agilizaron estos trámites, al estar los sitios de trabajo y clientes en una ciudad lejana a la de oficina y permanencia del personal administrativo que normalmente manejaría estos aspectos.

4.2 DESARROLLO DE ACTAS DE CORTE

Mediante la recolección de datos se realizaron los cortes de obra de datos donde se entregaron tablas de cantidades, planos de referencia y en reuniones con el ingeniero residente se llegó a acuerdos para generar las actas de corte, documento con el cual la empresa puede facturar los trabajos realizados para su posterior cobro.

Tabla 3, datos para realización corte.

Fuente: E. Vargas

PRETCON S.A.S.			
PROYECTO:		PRATO 52	
CORTE DE			
OBRA:		1	
DESCRIPCIÓN	FECHA	UND	CANTIDAD
LOSA POSTENSADA SOTANO 1	12/08/2012	M2	1.373,02
LOSA POSTENSADA PISO 1	16/09/2012	M2	1.397,83
TOTAL m2			2.770,85

³² E.Vargas, formato back log, control de entrada y salida de materiales PRETCON Barranquilla, 2013

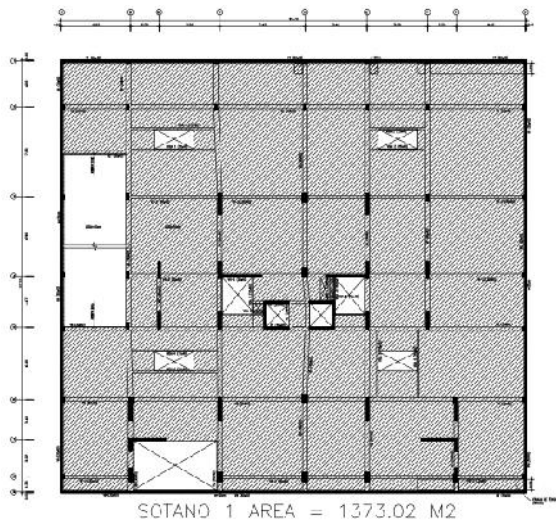


Figura 16, área a cobrar en cortes, el área a cobrar será el área sombreada en la figura, los vacíos se descontaran del área a cobrar. Fuente: E. Vargas

Proceso de entrega.

Con el ingeniero residente, contratistas y demás personal vinculado al proyecto se realiza un recorrido placa a placa donde se revisa la calidad de los trabajos realizados, esto con el fin de dar el visto bueno a la entrega de los trabajos, se realizan las diferentes actas que dependen de los procesos y criterios de calidad de cada empresa.

5. CONCLUSIONES.

Mediante el aprendizaje de la metodología de operación de la empresa PRETCON S.A.S se han logrado adquirir las habilidades técnicas en el procesamiento de modelos estructurales con su respectivo análisis llevando a la práctica los conocimientos en estructuras adquiridos durante la carrera y plasmarlos mediante la construcción de las obras civiles.

Se consolidó la información de una manera eficaz entre las ciudades de Bucaramanga y Barranquilla, para tener una concordancia con los entregables, diseños y situaciones reales de la obra.

Las actividades se centraron en la coordinación de procesos, para entregar el producto final de la empresa el cual es la colocación del sistema postensado en las edificaciones, para el proyecto Sunset 100 de la constructora JJ construcciones, llevando un control estricto de los recursos humanos y materiales a disposición por parte de la empresa.

Se cumplió con la meta de manejar los trabajos de la empresa de manera individual pero coordinada con la empresa al ser la persona encargada de la responsabilidad técnica de coordinación operativa de la empresa en la ciudad de barranquilla, realizando reportes periódicos que dejaron ver las fortalezas y debilidades de los procedimientos así como las necesidades que presenta la empresa al estar en otra ciudad.

La elaboración de un control de cantidades por parte de la planta de producción de la empresa en Barranquilla, junto con sus cantidades de obra específica para el sistema postensado.

Revisión técnica de los procesos constructivos, control de calidad de la información entregada en planos, de la colocación del sistema postensado y del proceso de postensionamiento.

Acompañamiento a las labores de gestión administrativa de la empresa mediante visitas a nuevas obras, recorridos guiados a posibles clientes y aclaraciones técnicas a los clientes actuales en la ciudad de Barranquilla.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dedicado a Dios creador de todo, a mi mamá y mi hermana que me apoyaron en todo momento y a toda mi familia que me quiere y alienta a seguir adelante en este proceso de la vida, a Carlos López que me brindó la oportunidad de trabajar en la empresa y crecer profesionalmente.

7. REFERENCIAS

- [1] Comisión Asesora Permanente Del Régimen De Construcciones Sismo Resistentes, Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente Nsr 10, Grama, 2010.

- [2] ETABS v9.7 Programa de análisis estructural integrado, CSI Inc, www.csiamerica.com
- [3] Hibbeler, Russell C. Análisis Estructural, Mexico: Pearson Educación, 2012, Structural Analysis. 8th Edition.
- [4] Nilson, Arthur H.; Darwin, David; Diseño De Estructuras De Concreto, Santafe De Bogota: Mcgraw-Hill, 2000
- [5] PTI C30.1-03: Level 1 Unbonded PT - Field Installation, 2003, www.post-tensioning.org
- [6] ASTM A416/A416M-06 Especificación Normalizada para Torón de Acero, de Siete Alambres Sin Recubrimiento para Concreto Preesforzado, www.astm.org
- [7] Estándar Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI-318-95 capítulo 18) (1995).
- [8] Aalami.B.O. (1994), Post Tensioning Institute, Phoenix Az (1994)

Su experiencia laboral incluye cinco años trabajando con la empresa PRETCON en la cual actualmente es el director técnico de proyectos de la zona caribe en el país.



Gustavo Chío Cho, nacido en Bucaramanga, docente de planta egresado de la Universidad Industrial de Santander.

Con diferentes estudios en el área de las estructuras como cursos de corta duración Universidad Politécnica de Cataluña Curso de Arc Info, 1997. Cursos de corta duración Universidad Politécnica de Cataluña Seminario de Explosivos, 1996. Cursos de corta duración Universidad Santo Tomás Sociedad Santandereana de Ingenieros Aplicaciones Del Preesforzado, 1993. Cursos de corta duración Universidad Politécnica De Madrid Seminario Internacional de Sismos en Estructuras, 1998. E investigaciones sobre Metodología para la Evaluación del riesgo debido a Amenazas Naturales en Zonas Urbanas de ciudades Colombianas. Caso De Estudio: Floridablanca, Febrero 2006. Zonificación del Riesgo Sísmico en Centros Urbanos utilizando Funciones de Vulnerabilidad Calculadas. Caso De Estudio: Meseta De Bucaramanga, Enero 2006. Construcción de Funciones de Vulnerabilidad y Matrices de Probabilidad de Daño para Puentes de Hormigón, Mayo 2002. Sistemas De Adquisición Y Tratamiento De Datos De Microsismos, Mayo 2002.

8. BIOGRAFÍAS



Efraín Eduardo Vargas Rodríguez nació en Bogotá Colombia el 24 de febrero de 1985, actualmente es estudiante de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander (UIS).