

**Apoyo en los procesos de ingeniería civil en el departamento técnico de Industrias Metalex
S.A.S.**

Nicolás Rugeles Muñoz

**Trabajo de grado en modalidad de práctica empresarial para optar el título profesional de
Ingeniero Civil**

Director de proyecto

Ing. Carlos Fernando Rivera Peña

Supervisor de Practica Empresarial

Adrián Fernando Ramírez Herrena

Universidad Pontificia Bolivariana

Seccional Bucaramanga

Escuela De Ingenierías

Facultad Ingeniería Civil

Bucaramanga

2019

Nota de aceptación

El informe de práctica empresarial titulado: “APOYO EN LOS PROCESOS DE INGENIERIA CIVIL EN EL DEPARTAMENTO TECNICO DE INDUSTRIAS METALEX S.A.S.”, del autor NICOLAS RUGELES MUÑOZ, cumple con los requisitos para optar al título de Ingeniero Civil.

Presidente del Jurado

Jurado: Carlos Fernando Rivera Peña

Jurado: Adrián Fernando Ramírez Herrena

Bucaramanga, 22 de Julio de 2019

Dedicatoria

A Dios, por haberme guiado durante toda mi vida académica. A mi padre, por su sacrificio e incontables valores inculcados en mi vida. A mi madre, por el amor incondicional y enseñanzas brindadas. A mi hermano, por su apoyo incondicional y permanente.

Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos	13
2. Descripción de la empresa	14
2.1 Nombre de la empresa	14
2.3 Reseña histórica	15
2.4 Datos generales	16
2.5 Políticas de calidad	17
2.6 Número de empleados.....	17
2.7 Misión y visión	17
2.7.1 Misión	17
2.7.2 Visión.....	18
2.8 Estructura organizacional.....	19
3. Desarrollo del plan de trabajo	20
3.1 Inducción de armando del encofrado.....	21
3.2 Cotizaciones y modulaciones.....	36
3.2.1 Proyecto 1.	40
3.2.2 Proyecto 2.	42

3.2.3 Proyecto 3.	45
3.2.4 Proyecto 4.	46
3.3 Investigación sobre el cálculo de presión y velocidad de vaciado en el encofrado	48
3.3.1 Relación entre aditivos para el concreto y el encofrado	48
3.3.2 Los encofrados y la seguridad del proyecto.....	49
3.3.3 Presión máxima en el encofrado y la velocidad de vaciado permitida.	51
3.3.4 Cálculo de la presión máxima en el encofrado y la velocidad de vaciado permitida.	54
4. Aporte al conocimiento.....	65
5. Conclusiones.....	67
Referencias bibliográficas.....	69

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Grupo Corporativo Metalex	14
Figura 2. Política de Calidad.....	17
Figura 3. Estructura Organizacional	19
Figura 4. Inducción de Armado, Tableros	22
Figura 5. Inducción de Armado, Distanciadores	23
Figura 6. Inducción de Armado, Grapas, Pines	23
Figura 7. Inducción de Armado, Parales.....	23
Figura 8. Inducción de Armado, Alineadores.....	24
Figura 9. Inducción de Armado, Estructura Encofrado	24
Figura 10. Angulo Interno.....	26
Figura 11. Angulo Interno.....	27
Figura 12. Distanciadores	27
Figura 13. Distanciadores	28
Figura 14. Pin.....	28
Figura 15. Primer Nivel de Armado	29
Figura 16. Tapa Muros.....	29
Figura 17. Segundo Nivel de Armado	29
Figura 18. Tercer Nivel de Armado.....	30
Figura 19. Tablero 8 Ranuras, Tablero 1000mm, Riconera con tapa.....	30
Figura 20. Puertas y Ventanas	31

Figura 21. Alineadores Horizontales y Verticales	31
Figura 22. Alineador Horizontal y Tensor	32
Figura 23. Alineador Vertical y Tensor	32
Figura 24. Apuntalamiento	33
Figura 25. Anclaje superior Paral Telescópico	33
Figura 26. Anclaje inferior Paral Telescópico	34
Figura 27. Alineadores y paraleles corriente para Losa.....	34
Figura 28. Encofrado Losa.....	35
Figura 29. Retranque Losa.....	35
Figura 30. Soporte Perimetral	36
Figura 31. Andamios.....	36
Figura 32. Proceso de Cotización	38
Figura 33. Modelado 3D de un apartamento	39
Figura 34. Modulaci3n columna.....	40
Figura 35. Modulaci3n columnas para presentaci3n al cliente.....	42
Figura 36. Modulaci3n muro ascensor- escaleras para presentaci3n al cliente.	42
Figura 37. Modulaci3n muro perimetral para presentaci3n al cliente	42
Figura 38. Plano Torno proporcionado por el cliente.	43
Figura 39. Plano Tanque proporcionado por el cliente.....	44
Figura 40. Esquema de modulaci3n Tanque para presentaci3n al cliente.	44
Figura 41. Modulaci3n Tanque para presentaci3n al cliente.	45
Figura 42. Modulaci3n Escalera para presentaci3n al cliente.....	46
Figura 43. Modulaci3n Vigas para presentaci3n al cliente.....	47

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Coficiente Por Unidad de Peso C_w (ACI 347)</i>	56
Tabla 2. <i>Coficiente de Composición química C_c (ACI 347)</i>	56
Tabla 3. <i>Velocidad de vaciado Vs Temperatura del Concreto</i>	60

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: Apoyo en los procesos de ingeniería civil en el departamento técnico de Industrias Metalex S.A.S.

AUTOR(ES): Nicolas Rugeles Muñoz.

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Ing. Carlos Fernando Rivera Peña

RESUMEN

En el siguiente documento se presenta el trabajo desarrollado durante la ejecución de la práctica empresarial realizada en INDUSTRIAS METALEX S.A.S, específicamente en el departamento técnico donde es vinculado el practicante para la realización de modulaciones y cotizaciones mediante el uso de las normas de la empresa, elaboración de los indicadores del área, dar soporte y apoyo técnico a las demás sucursales y apoyar todas las actividades de venta y posventa.

PALABRAS CLAVE:

Práctica empresarial, modulaciones, cotizaciones, venta, posventa.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: Support for civil engineering processes in the Industrias Metalex S.A.S technical department

AUTHOR(S): Nicolas Rugeles Muñoz

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Ing. Carlos Fernando Rivera Peña

ABSTRACT

The following document presents the work that was developed during the execution of the practice, was carried out in INDUSTRIAS METALEX SAS, was published in the technical department where the practice was carried out for the realization of modulations and quotations by using the standards of the company, development of the indicators of the area, give support and technical support to others, and support all sales and after-sales activities

KEYWORDS:

Internship, modulations, quotations, sales, after sales.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

Como requisito de grado, la Universidad Pontificia Bolivariana presenta la opción a los estudiantes de Ingeniería Civil la modalidad de Practica Empresarial, la cual fue realizada en Industria Metalex S.A.S, como una de las opciones de grado y de esta manera poder completar el programa académico estipulado para obtener el título profesional.

El grupo Corporativo Metalex, es un grupo de empresas las cuales se consagran a la producción y comercialización para la venta y alquiler de encofrado metálico, ofrecido al sector de la construcción. El presente documento abarca dos grandes temáticas, las actividades realizadas en el periodo de práctica y el estudio para el cálculo de presión y velocidad de vaciado en el encofrado.

En el departamento técnico del Grupo Corporativo Metalex, del cual fui miembro durante el periodo de prácticas, donde participe en más de 55 proyectos diferentes a nivel nacional. Las principales funciones que desempeñe como coordinador técnico fueron: realizar cotizaciones por metro cuadrado y despiece, brindar al cliente externo orientación y asesoría sobre el manejo de los productos de la empresa, brindar apoyo técnico al departamento comercial, realizar modulaciones de proyectos, realizar planos taller, elaboración de portafolios de modulación al cliente, entre otras. Para dar cumplimiento a lo anterior se necesitó del apoyo del personal del departamento técnico de la empresa, de su amplio conocimiento en la temática.

Por otra parte, la segunda temática que abarca este documento.

El peso y la presión del concreto en estado fresco son los factores fundamentales que limitan el dimensionamiento de los encofrados, por encima del peso propio, la sobrecarga de uso, el viento, etc. Por ello, el entendimiento de los efectos del concreto antes de su endurecimiento en el encofrado requiere comprender los factores básicos que permitan cuantificar, aunque sea de forma

aproximada, estas acciones.

En el presente documento se da a conocer una investigación basada en la guía de encofrado para concreto ACI 347 (guide to formwork for concrete ACI 347), en la cual se determina el cálculo de la presión máxima que puede soportar el encofrado, la velocidad óptima de vaciado y los diferentes parámetros a tener en cuenta al momento de realizar el vaciado en el encofrado, ya que en Colombia no hay una normativa que rijan este tipo de actividades, ni una metodología clara y precisa que sigan y apliquen empresas especializadas en el sector de la construcción, ingenieros y demás organizaciones involucradas en esta temática.

Con la demanda actual de edificios más altos, puentes más largos, plantas eléctricas más grandes, estadios y estacionamientos con mayor capacidad, plantas de tratamiento de agua más sofisticadas se necesita de una tecnología de encofrado moderna y mejorada, el encofrado es la elección preferida por diseñadores, contratistas y propietarios de proyectos, nuestra responsabilidad como ingenieros, y profesionales de la construcción es responder a los desafíos de las nuevas tecnologías entregando proyectos de calidad, a tiempo y con un costo menor al estimado y aún más importante con un historial de seguridad del cual todos nos podamos sentir orgullosos.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Realizar el trabajo de grado bajo la modalidad de práctica empresarial en Industrias Metalex SAS, en las labores de apoyo y acompañamiento a las actividades realizadas por profesionales y técnicos.

1.2 Objetivos específicos

- Aplicar y conocer la metodología correspondiente a cada proceso y actividad que se desarrolle.
- Dominar los paquetes de software utilizados por la compañía para realizar las diferentes labores técnicas asignadas.
- Identificar y conocer los diferentes procesos de armado del Sistema industrializado ofrecido por la empresa.
- Apoyar el trabajo en el área técnica, aplicando el conocimiento adquirido en la academia.
- Diseñar una metodología para el cálculo de velocidad de vaciado en el encofrado.
- Elaborar indicadores del área técnica.

2. Descripción de la empresa

2.1 Nombre de la empresa

El Grupo Corporativo Metalex, constituido por: Industrias Metalex S.A.S., Tecniestructuras Ltda., Metalex Internacional S.A., Xelatem Ltda. y Cali Tecniestructuras Ltda.



Figura 1. Grupo Corporativo Metalex

2.2 Actividad económica

El Grupo Corporativo Metalex es una firma metalmecánica al servicio del sector de la construcción, desde hace más de 25 años se especializan en la oferta de bienes y servicios de alta calidad para la ejecución de obras mediante tecnologías constructivas industrializadas (diseño, fabricación, alquiler y comercialización de encofrado metálico).

2.3 Reseña histórica

METALEX inicia labores en el año 1989, en la ciudad de Bucaramanga – Colombia, gracias al esfuerzo del fundador el Sr. VÍCTOR VIRGILIO RODRÍGUEZ SANABRIA, después de un amplio estudio de los sistemas utilizados a nivel mundial de encofrados metálicos. Para el año de 1.990 se obtiene un sistema de encofrado metálico que permite construcciones sismo resistente con las mejores especificaciones del acabado del concreto, adquiriendo comercialmente el nombre de METALEX. (Industrias Metalex;, 2019)

Actualmente la empresa cuenta con profesionales de ingeniería, administración y carreras afines, trabajando en el área administrativa y personal operativo con experiencia y habilidad que contribuyen al logro de los objetivos y metas propuestas por la empresa.

Con la experiencia obtenida a través de la participación en grandes proyectos, METALEX cuenta con una participación del 80% en el mercado local. (Industrias Metalex;, 2019)

Tecniestructuras Ltda. Empresa creada en Bucaramanga el 13 diciembre del año 1996, ha obtenido un crecimiento, reconocimiento y fortalecimiento continuo, como resultado de procesos de calidad a lo largo de la existencia de la empresa.

Actualmente Tecniestructuras Ltda. Cubre el mercado en la zona norte de Colombia con sede – sucursal en la ciudad de Barranquilla, constituida en octubre del año 2005, y el mercado de la zona sur occidental con sede – sucursal en la ciudad de Cali, constituida el 26 de enero de 2007.

Xelattem Ltda. Constituida en la ciudad de Bogotá el 01 de junio del año 1998, como respuesta al auge de aceptación del producto METALEX y al desarrollo de la capital de Colombia en cuanto a construcción.

Actualmente cuentan con sede propia y suficiente metros cuadrados de Encofrado Metálico para cubrir la demanda hacia el centro y occidente del país.

Metalex Internacional S.A. Inicia sus labores en julio del año 2002 en la ciudad de Bucaramanga, con sede – sucursal en la ciudad de Medellín el día 9 de septiembre del año 2003.

Actualmente cuentan con sede propia y gran cantidad de metros cuadrados de Encofrado Metálico. Su visión es la de cubrir el mercado a nivel internacional.

2.4 Datos generales

Lugar:	- Industrias Metalex S.A.S - Bucaramanga - Tecniestructuras Ltda. - Bucaramanga - Xelattem Ltda. – Bogotá - Metalex Internacional S.A. - Medellín
Dirección:	- Calle 17 #12-08 Barrio Gaitán - Industrias Metalex S.A.S – Empresa principal
Teléfono:	- 6715021 (Industrias Metalex S.A.S)

2.5 Políticas de calidad

El grupo Corporativo desde hace más de 25 años se dedica al diseño, fabricación, alquiler y comercialización de encofrado metálico, comprometido con las necesidades de los clientes, presentando altos estándares de calidad y soluciones rentables, enfocadas a la continua mejora asegurando así la competitividad de los productos y servicios que la empresa ofrece. (Industrias Metalex;, 2019)

POLÍTICA DE CALIDAD

Estamos comprometidos a satisfacer oportunamente los requisitos de encofrado metálico a nuestros clientes, garantizando productos y servicios de alta calidad, con un equipo de trabajo calificado en busca del mejoramiento continuo y la eficacia de la organización.



Figura 2. Política de Calidad

2.6 Número de empleados

El Grupo Corporativo Metalex, cuenta con aproximadamente 150 colaboradores que están distribuidos entre las sucursales

2.7 Misión y visión

2.7.1 Misión

Somos una compañía multinacional que brinda soluciones integrales a las necesidades

constructivas, sin importar la complejidad de sus proyectos; desde hace más de 25 años nos dedicamos a asesorar, diseñar, fabricar, vender y alquilar sistemas industrializados con tecnología de punta para la construcción de estructuras en concreto, con estándares de calidad internacional y constante innovación en nuestros bienes y servicios.

Trabajamos constantemente para superar las expectativas de nuestros grupos de interés, soportados en capital humano competente y comprometido, que refleja en cada proceso desarrollado nuestra experiencia, garantizando respaldo, seguridad y cumplimiento de metas con responsabilidad y transparencia. (Industrias Metalex;, 2019)

2.7.2 Visión

“Para el año 2020, consolidarnos como el grupo corporativo METALEX en nuestras operaciones Multinacionales, con nuestro propio modelo de empresa líder en el mercado de sistemas industrializados de construcción, incentivados por el desarrollo demográfico de nuestro mercado objetivo”. (Industrias Metalex;, 2019)

2.8 Estructura organizacional

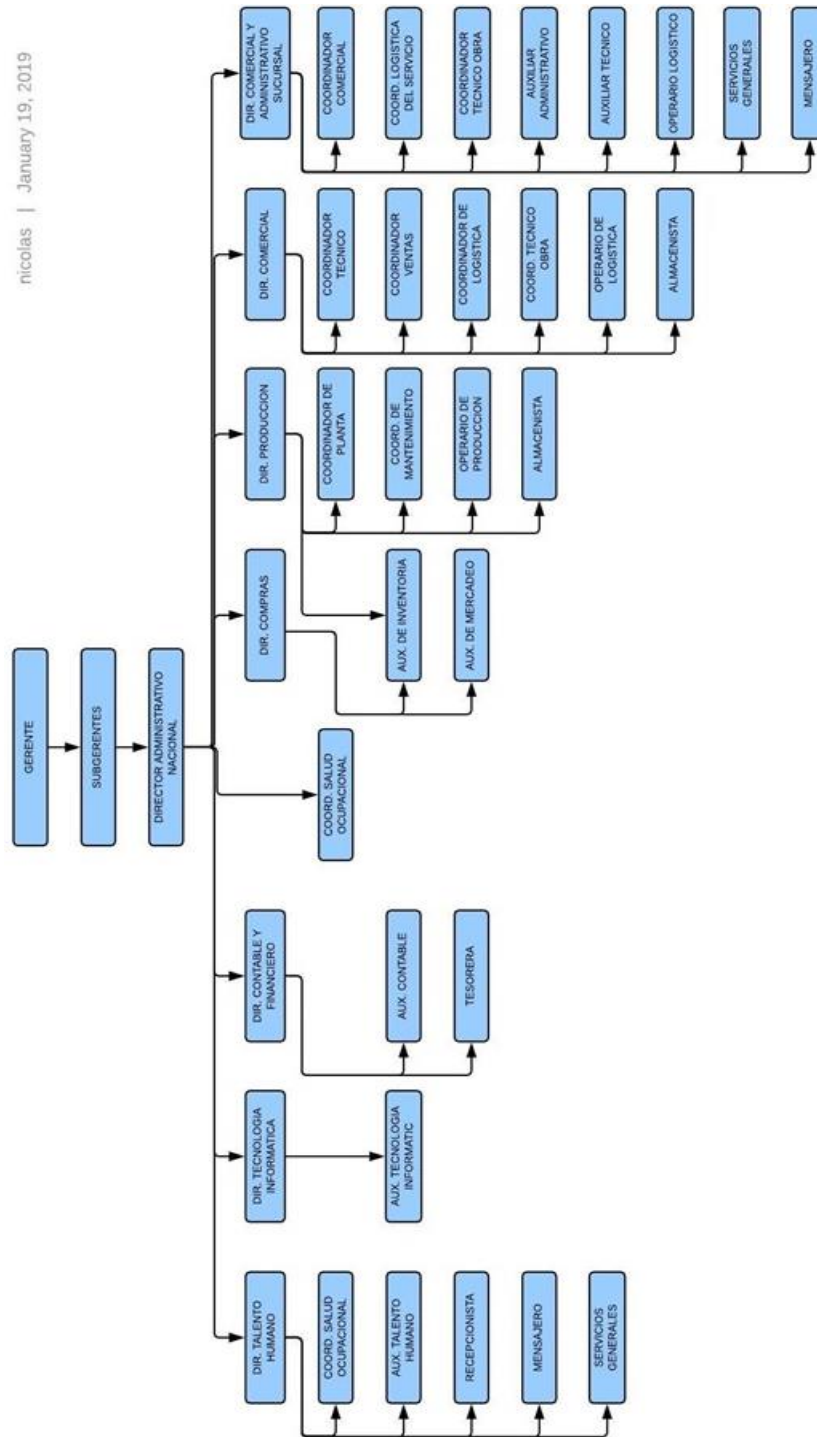


Figura 3. Estructura Organizacional

3. Desarrollo del plan de trabajo

Los indicadores son variables que intentan medir u objetivar en forma cuantitativa o cualitativa, sucesos colectivos para así poder respaldar acciones. Al comienzo de la práctica en Industrias Metalex S.A.S junto al departamento técnico, se pretendió modificar dos indicadores del área técnica y elaborar nuevos. Una vez expuesto ante la empresa, por decisión de la gerencia dichos indicadores no se modificaron, ya que por el momento no se requiera que el personal (incluyéndome) se involucrara con dicho tema y dejaran a un lado las actividades principales a cargo del departamento técnico.

El primer indicador por modificar era la eficacia, la cual es la relación entre un producto disponible en este caso el sistema industrializado que maneja la empresa y la necesidad por la cual ha sido creado, cuando esta relación es positiva, la eficacia del producto es alta. Pero si la necesidad del cliente sigue sin ser atendida tras la adquisición de dicho producto, el indicador es negativo. Algo en el proceso ha fallado. Debido al entorno competitivo y cambiante al que se enfrentan las empresas del sector de la construcción hoy en día es necesario mantener vivo el concepto de la mejora continua hacia la excelencia. Las empresas necesitan ser ágiles y flexibles para afrontar los continuos cambios a los que se ven sometidas (cambio en las necesidades de los clientes, en la legislación aplicable, en la tecnología disponible, en el personal de la empresa) y deben ser eficaces si quieren consolidar su negocio a medio y largo plazo.

El segundo indicador por modificar era la competitividad, la cual hace referencia a la capacidad de la empresa para explotar aquellas cualidades que hacen distintos a sus productos. También tiene

que ver con el nivel de adaptación a las dinámicas del mercado y a la capacidad de innovación y cambio. Un producto incapaz de competir es, por lo general, un producto de escasa calidad. Las empresas viven en un entorno en el que todo ha cambiado y la renovación constante se ha convertido en una dinámica arrolladora. No tomar medidas para mejorar la competitividad en el momento actual, a la velocidad a la que surgen nuevas tecnologías y nuevos competidores toman posiciones, es sencillamente una locura.

Durante el tiempo transcurrido desde el inicio hasta el final de la práctica empresarial en Industrias Metalex S.A.S, se llevaron a cabo dos grandes temáticas: la investigación para el cálculo de presión y velocidad de vaciado en el encofrado y las actividades realizadas en el periodo de prácticas la cuales fueron divididas en el presente documento en dos secciones, tituladas “*inducción de armado del encofrado*” y “*Cotizaciones y modulaciones*”.

A continuación, se presentarán la descripción de las temáticas mencionadas anteriormente.

Nota: recomiendo antes de leer esta sección, para una mejor comprensión, identificar los diferentes productos y su función, en el catálogo que se encuentra en la página web www.metalex.com.co, el cual pertenece a Industrias Metalex S.A.S.

3.1 Inducción de armado del encofrado.

Durante el periodo de práctica, se realizaron dos inducciones (en sesiones diferentes) en la planta de la empresa, sobre el proceso y la metodología de armado de una estructura básica en encofrado metálico; pude analizar los diferentes accesorios, equipos, herramienta, etc., que se usa para la ejecución de obras mediante sistema constructivo industrializado. La finalidad de estas

inducciones fue proporcionarme los conceptos técnicos para aplicarlos en la realización de cotizaciones, modulaciones y en posibles asesorías en obra.



Figura 4. Inducción de Armado, Tableros



Figura 5. Inducción de Armado, Distanciadores



Figura 6. Inducción de Armado, Grapas, Pines



Figura 7. Inducción de Armado, Parales



Figura 8. Inducción de Armado, Alineadores



Figura 9. Inducción de Armado, Estructura Encofrado

En estos periodos de inducción se logró conocer he identificar los procesos preliminares que se

deben tener en cuenta en obra para el correcto funcionamiento y ensamble del encofrado en un proyecto de tipo residencial, los cuales se nombraran los más esenciales a continuación de forma secuencial:

a) Verificar la correcta nivelación de la primera losa de cimentación, mediante el nivel topográfico o de manguera.

b) Realizar el proceso de trazo o replanteo, se lleva a cabo por el ejero quien es la persona que conoce los planos, él es quien materializa los puntos.

c) Realizar las líneas de demarcación de los muros, para que el encofrado no se desplace y se mantenga en su posición.

d) Verificar la correcta Instalación de la malla de refuerzo, al igual que la instalación de las tuberías de redes hidráulicas, sanitarias, gas y los diferentes servicios, con el fin de evitar conflicto entre estos y el encofrado a la hora del armado. Es impórtate utilizar los separadores de malla que son utilizados para que el acero de refuerzo no se pegue al encofrado.

e) Revisar el inventario del encofrado, con la finalidad de asegurar que el total del equipo se encuentre disponible.

f) Tener en cuenta que antes de iniciar el montaje se recomienda aplicar desmoldaste a las caras lisas de los encofrados.

De igual importancia a los temas anteriormente mencionado, se me dio a conocer la secuencia recomendada por la empresa para el ensamble del sistema manoportable en un proyecto de tipo residencial, el cual se describe a continuación de forma secuencial:

a) Con el fin de proporcionar estabilidad a los primeros paneles, el armado comienza a partir de un Angulo interno, el cual está conformado por una rinconera y paneles adyacentes que se ensamblan por medio de grapas.



Figura 10. Angulo Interno

Fuente: (Industrias Metalex, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>



Figura 11. Angulo Interno

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>

b) Una vez ensamblados los paneles de una de las caras del encofrado se inicia la colocación de los distanciadores, para ello están dispuestas ranuras en la superficie de contacto de cada panel, se debe recubrir los distanciadores con ductolon he introducir en las ranuras, se fijan al tablero acoplando los pines a las mariposas.



Figura 12. Distanciadores

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>



Figura 13. Distanciadores

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>



Figura 14. Pin

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>

c) Se arma la cara enfrentada y las demás del primer nivel con la misma metodología anterior, finalmente se utiliza tapa muros para el remante de muros y el cierre de vanos de en puertas y ventanas, se debe tener en cuenta que para muros de espesor superior a 125mm se procede a cerrar los remates de muros con panel normal.

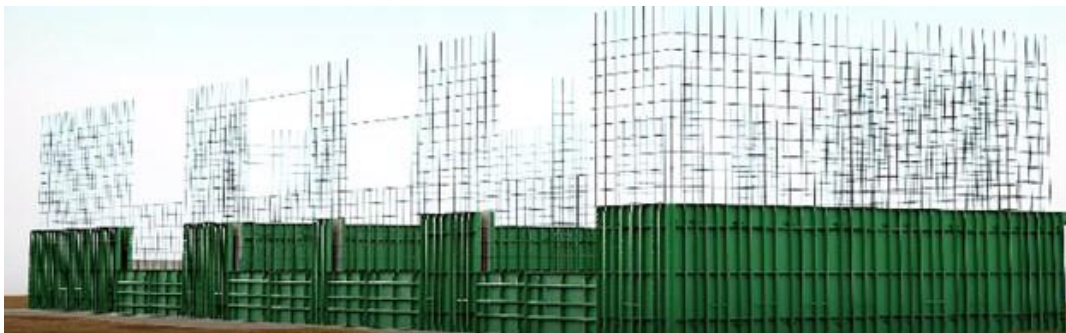


Figura 15. Primer Nivel de Armado

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>



Figura 16. Tapa Muros

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>

d) Se arma el segundo nivel de formaleta, iniciando por la cara interna del encofrado pasando luego por los enfrentados igual que en el primer nivel de armado, pero este equipo va en una forma horizontal (dependiendo de las dimensiones) permitiéndonos trabajar a varias alturas.



Figura 17. Segundo Nivel de Armado

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>

e) Se arma el tercer nivel de formaleta iniciando por la cara interna pasando luego por los enfrentados, igualmente los dinteles que tenga la estructura, para este tercer nivel los tableros perimetrales son especiales, los de la cara externa poseen ranuras extras, mientras que los de la cara interna son de un metro de altura; las rinconeras internas del tercer nivel de armado deben tener tapas, evitando de este modo la salida de concreto



Figura 18. Tercer Nivel de Armado

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>



Figura 19. Tablero 8 Ranuras, Tablero 1000mm, Riconera con tapa

Fuente: Metalex. (sf). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>

f) Con la misma practicidad se arma detalles de puertas y ventanas iniciando por la parte interior y posteriormente por la parte exterior.



Figura 20. Puertas y Ventanas

Fuente: Metalex. (sf). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>

g) Se instalan los alineadores horizontales en la parte exterior del encofrado y los verticales en la interior, se distribuyen mientras una cara del encofrado se rectifica horizontal, la cara opuesta lo haga verticalmente, esto garantiza el alineamiento total de la formaleta, se asegura al encofrado con los tensores, colocando cada uno en cada pegue de tableros.



Figura 21. Alineadores Horizontales y Verticales

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>



Figura 22. Alineador Horizontal y Tensor

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>



Figura 23. Alineador Vertical y Tensor

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>

h) Una vez instalados los alineadores, se procede al apuntalamiento de los muros empleando paraleles telescópicos, se ajusta los paraleles telescópicos por medio de sus anclajes extremo superior con un pin sencillo al tablero y el inferior con un tornillo o varilla al piso.



Figura 24. Apuntalamiento

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>



Figura 25. Anclaje superior Paral Telescópico

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>



Figura 26. Anclaje inferior Paral Telescópico

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>

i) Se arman las rinconeras que voltean a la losa en posición horizontal y los tableros de losa apoyados sobre alineadores y parales corrientes que a la vez llevan porta-alineador. En recomendable dejar una línea de tableros o tableros puntuales para el retranque posterior al desencofre de la losa, equipo necesario para prevenir micro fisuras en el concreto.



Figura 27. Alineadores y parales corriente para Losa

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>



Figura 28. Encofrado Losa

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>



Figura 29. Retranque Losa

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>

j) Una vez fundida la estructura y transcurrido el tiempo de fraguado se desmonta la primera línea de tableros (primer nivel) y los elementos de cintura (segundo nivel), estos le permitirán avanzar en el siguiente armado; Se procede a retirar los tableros internos de la última línea del muro los cuales corresponden a los tableros de 1000mm, los tableros externos de 1200mm del tercer nivel de armado se dejan para soporte de andamios de fachada y como guía de arranque para el armado del segundo piso.



Figura 30. Soporte Perimetral

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>

k) Se procede con la instalación de las plataformas de trabajo, para ello se ancla a las bandas de unión entre paneles dos soportes para andamios a una distancia aproximada de 2400mm luego se fija en los soportes de los extremos las barandas y entre los soportes los tablonces metálicos que funcionaran como superficie de trabajo, seguido a esto se coloca como baranda los alineadores de 3000mm. (según la estructura se requiere diferentes tipos de andamios)



Figura 31. Andamios

Fuente: (Industrias Metalex;, 2019). Página oficial. Disponible en: <https://www.metalex.com.co/>

3.2 Cotizaciones y modulaciones

La empresa sigue una metodología para trabajar en un proyecto, primero el coordinador comercial consigue el cliente y el respectivo proyecto, él es quien envía los planos e información del proyecto al coordinador técnico quien es el encargado de hacer la cotización por metro cuadrado, es devuelta al coordinador comercial para su posterior presentación al cliente, si es aceptada es devuelta al coordinador técnico para su modulación, nuevamente es devuelta al coordinador comercial para su posterior presentación al cliente, si es aceptada se procede hacer el despacho del equipo necesario para el proyecto.

Las cotizaciones por metro cuadrado, para la realización de estas, primero se debe analizar la información que el cliente suministra, ya sean planos en AutoCAD, archivos en PDF, ilustraciones etc. ; una vez analizada la información y teniendo en cuenta los puntos que el cliente solicita se procede a realizar la isometría o solido en AutoCAD con todos los detalles del proyecto; La isometría o sólido consiste en crear una imagen tridimensional del proyecto, con el propósito de calcular fácilmente el área de este y de tener una base para posible modulación (si el proyecto pasa a la siguiente fase). Se calcula el área para determinar el costo del proyecto.

En cuanto a la modulación de proyectos, es la siguiente etapa, una vez la cotización por metro cuadrado sea aprobada por el cliente se procede hacer la modulación del proyecto la cual consiste en la ubicación de los tableros, equipos, accesorios, productos consumibles etc.

Los planos taller son documentos gráficos en el que se plasma el diseño de lo que será un proyecto, en el cual tiene todas las medidas y especificaciones necesarias para la fabricación de dicho proyecto, este tipo de planos son para ilustrar al personal de planta, con la finalidad de que sean fabricados con la mayor exactitud y precisión posible.

Los portafolios son planos en los que se plasma el armado del sistema industrializado, se ilustra el proceso de manera secuencial de lo que será un proyecto, en el cual tiene todas las medidas y

especificaciones necesarias, este tipo de documento será usado en obra.



Figura 32. Proceso de Cotización

Los portafolios son planos en los que se plasma el armado del sistema industrializado, se ilustra el proceso de manera secuencial de lo que será un proyecto, en el cual tiene todas las medidas y especificaciones necesarias, este tipo de documento será usado en obra.

La herramienta computacional que la empresa utiliza para realizar cotizaciones por metro cuadrado y modulaciones es AutoCAD, el cual es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. Es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D.

A la hora de realizar la cotización de un proyecto por metro cuadrado es necesario dibujar en AutoCAD el elemento requerido por el cliente en tres dimensiones, con la finalidad de establecer los metros cuadrados de encofrado a cotizar, el dibujo tridimensional debe cumplir con todas las especificaciones requeridas por el cliente, cumpliendo con el más mínimo detalle. Es por que el buen uso y majeo del software juega un papel fundamental y decisivo a la hora de realizar una cotización.

A continuación, se ilustra un ejemplo de modelado 3D (imagen tridimensional) de un apartamento.

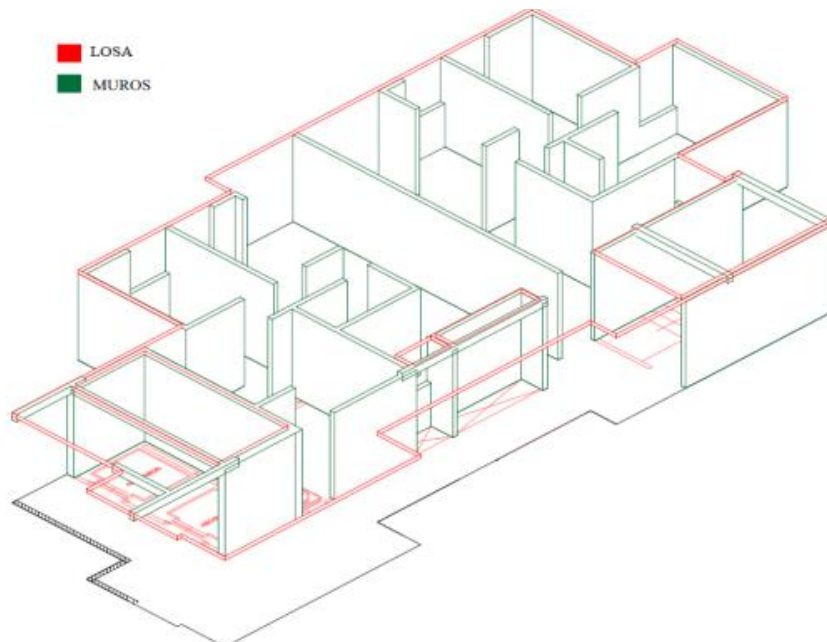


Figura 33. Modelado 3D de un apartamento

En cuanto a la cotización de un proyecto por modulación es necesario en el dibujo en tres dimensiones previamente realizado, proceder a modular en AutoCAD con el encofrado y los accesorios necesarios el elemento requerido por el cliente, con la finalidad de establecer la cantidad de equipo y sus dimensiones a cotizar, la modulación debe adaptarse al dibujo tridimensionales, cumpliendo con el más mínimo detalle. Es por que el buen uso y majeo del software juega un papel fundamental y decisivo a la hora de realizar una cotización por modulación.

A continuación, se ilustra un ejemplo de modulación 3D de una columna

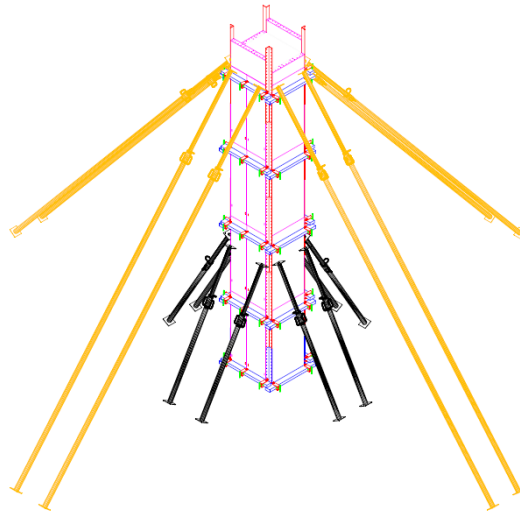


Figura 34. Modulación columna

Durante el periodo de práctica participe en 55 proyectos, de las cuales a continuación nombrare 4 de mayor importancia y complejidad que realice.

Nota: debido a las políticas de seguridad de la empresa las figuras (imágenes tridimensionales) ilustrados en este documento no muestran accesorios (parales, ángulos tensores, pines, grapas, distanciadores, etc) a excepción de la figura 34

3.2.1 Proyecto 1.

Se realizó la modulación de 12 columnas de diferentes dimensiones, un muro de foso de asesor-escalera y un muro perimetral, se estableció las dimensiones del tablero metálico a utilizar, los accesorios y productos consumibles necesarios al igual que el apuntalamiento que este tipo de proyectos ameritaba.

Por motivos de política de seguridad de la empresa, no se da a conocer el nombre del cliente, al igual que la cantidad de equipo cotizado.

- Nombre del proyecto: Pórtico V
- Objeto del proyecto: se cotiza siete (7) columnas de 0,8m X 0,3m. Dos (2) columnas de 0,8m X 0,4m. dos (2) columnas de 1,0m X 0,4m. Una (1) columna de 1,1m X 0,4m a una altura de 3,5m y 2,8m más adicionales para las doce (12) columnas restantes (seis columnas de 0,8m X 0,3m. tres columnas de 1m X 0,4m. una columna de 1m X 0,3m. Una columna de 1,1m X 0,4m. Una columna de 2.0m X 0,35m); Se cotiza muros (pantalla) de ascensor y escalera de espesores 0,3m, 0,25m y 0,15m a una altura de 3,5m y 2,8m. *Se cotiza muros perimetrales a una sola cara de espesor 0,2m y columnas perimetrales a una sola cara de 0,5m X 0,25m a una altura de 3,5m y 2,8m.
- Superficie de contacto cotizada: 387m²
- Valor alquiler diario: 750\$/m²
- Duración del equipo en obra: 3 meses
- Ubicación: Bogotá

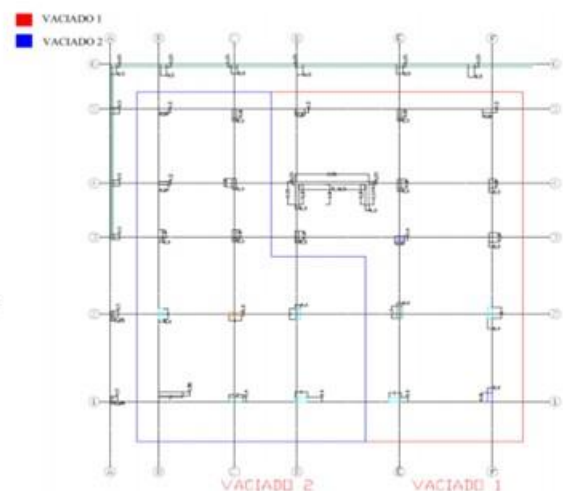
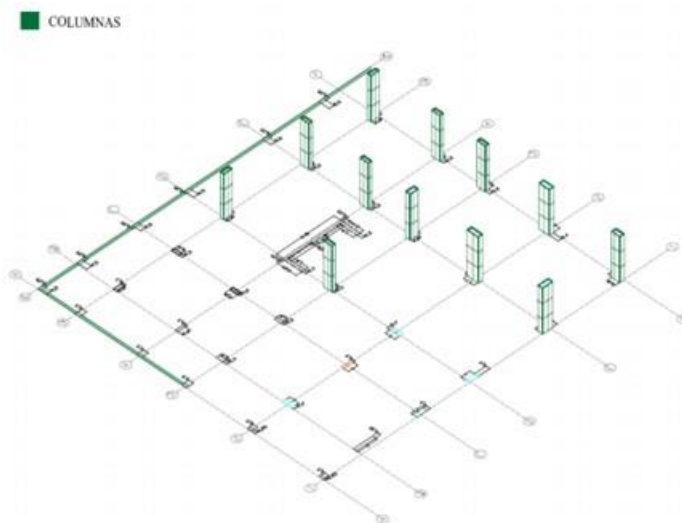


Figura 35. Modulación columnas para presentación al cliente

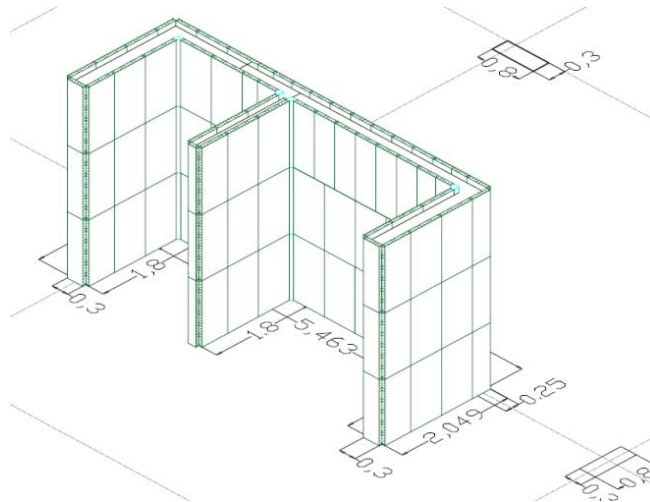


Figura 36. Modulación muro ascensor- escaleras para presentación al cliente.

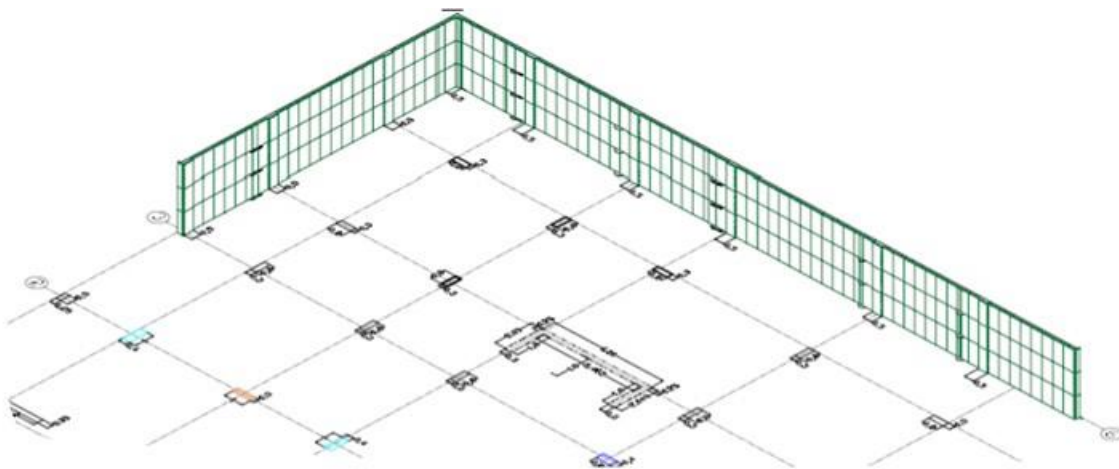


Figura 37. Modulación muro perimetral para presentación al cliente

3.2.2 Proyecto 2.

Se realizó la modulación de un tanque de almacenamiento de agua y el vástago de un torno el cual es un muro de contención en voladizo curvo, se estableció las dimensiones del tablero metálico a utilizar los accesorios y productos consumibles necesarios al igual que el

apuntalamiento que este tipo de proyectos ameritaba.

Por motivos de política de seguridad de la empresa, no se da a conocer el cliente del proyecto, al igual que la cantidad de equipo cotizado.

- Nombre del proyecto: Subachoque
- Objeto del proyecto: realizar modulación y cotización de un tanque de dimensiones internas 2.00m x 2.00m x 2.10m con placa de fondo y paredes de 0.20m; realizar la modulación y cotización del vástago un torno de espesor de muro inferior de 0.35m y espesor de muro superior de 0.25m a una altura de 3.10m incluyendo una columna circular de diámetro 0.40m y altura de 3.1m
- Superficie de contacto cotizada: 114m²
- Valor alquiler diario: 750\$/m²
- Duración del equipo en obra: 2 meses
- Ubicación: Bogotá

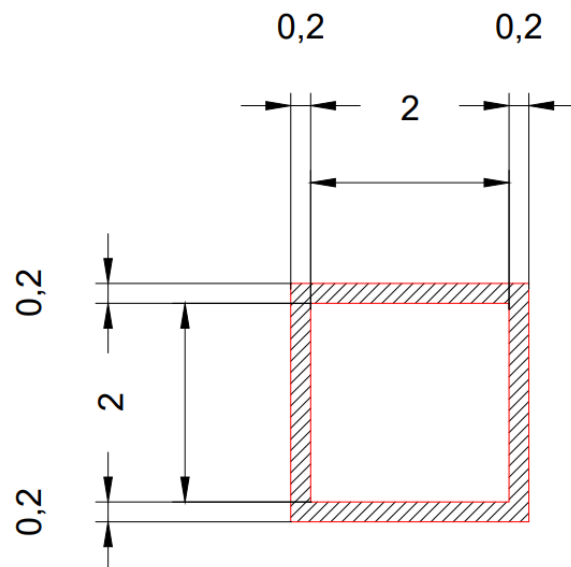


Figura 38. Plano Torno proporcionado por el cliente.

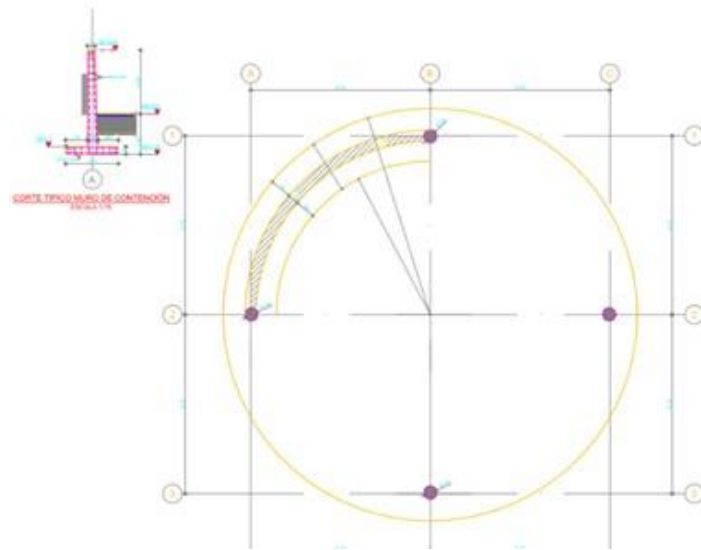


Figura 39. Plano Tanque proporcionado por el cliente.

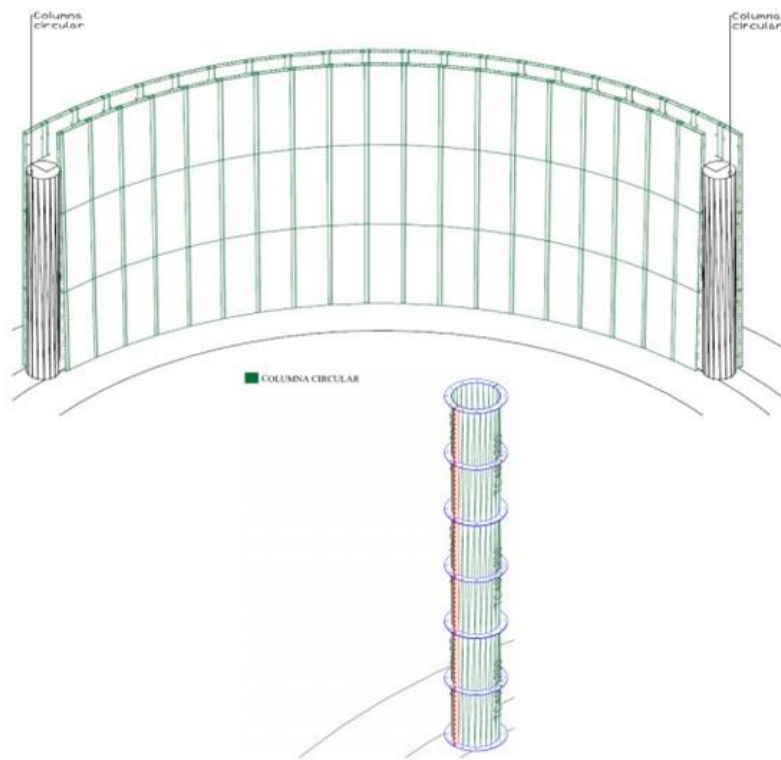


Figura 40. Esquema de modulación Tanque para presentación al cliente.

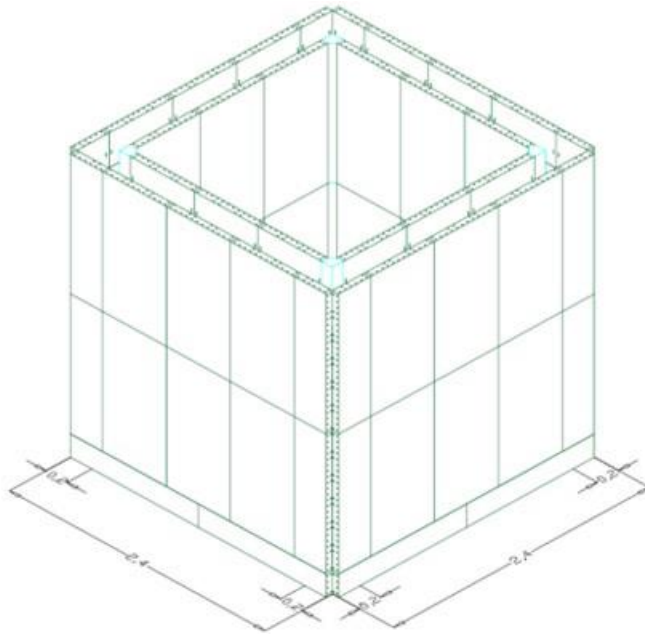


Figura 41. Modulaci3n Tanque para presentaci3n al cliente.

3.2.3 Proyecto 3.

Se realiz3 la modulaci3n de una escalera, se estableci3 las dimensiones del tablero met3lico a utilizar los accesorios y productos consumibles necesarios al igual que el apuntalamiento que este tipo de proyectos ameritaba.

Por motivos de pol3tica de seguridad de la empresa, no se da a conocer el cliente del proyecto, al igual que la cantidad de equipo cotizado.

- Nombre del proyecto: Bello Horizonte
- Objeto del proyecto: realizar modulaci3n y cotizaci3n de una una escalera de 14 escalones con huella de 0.30m, contra huella de 0.181m y ancho de escalera 1.2m
- Superficie de contacto cotizada: 15m²
- Valor Venta: \$6'450.000

- Ubicación: Bucaramanga

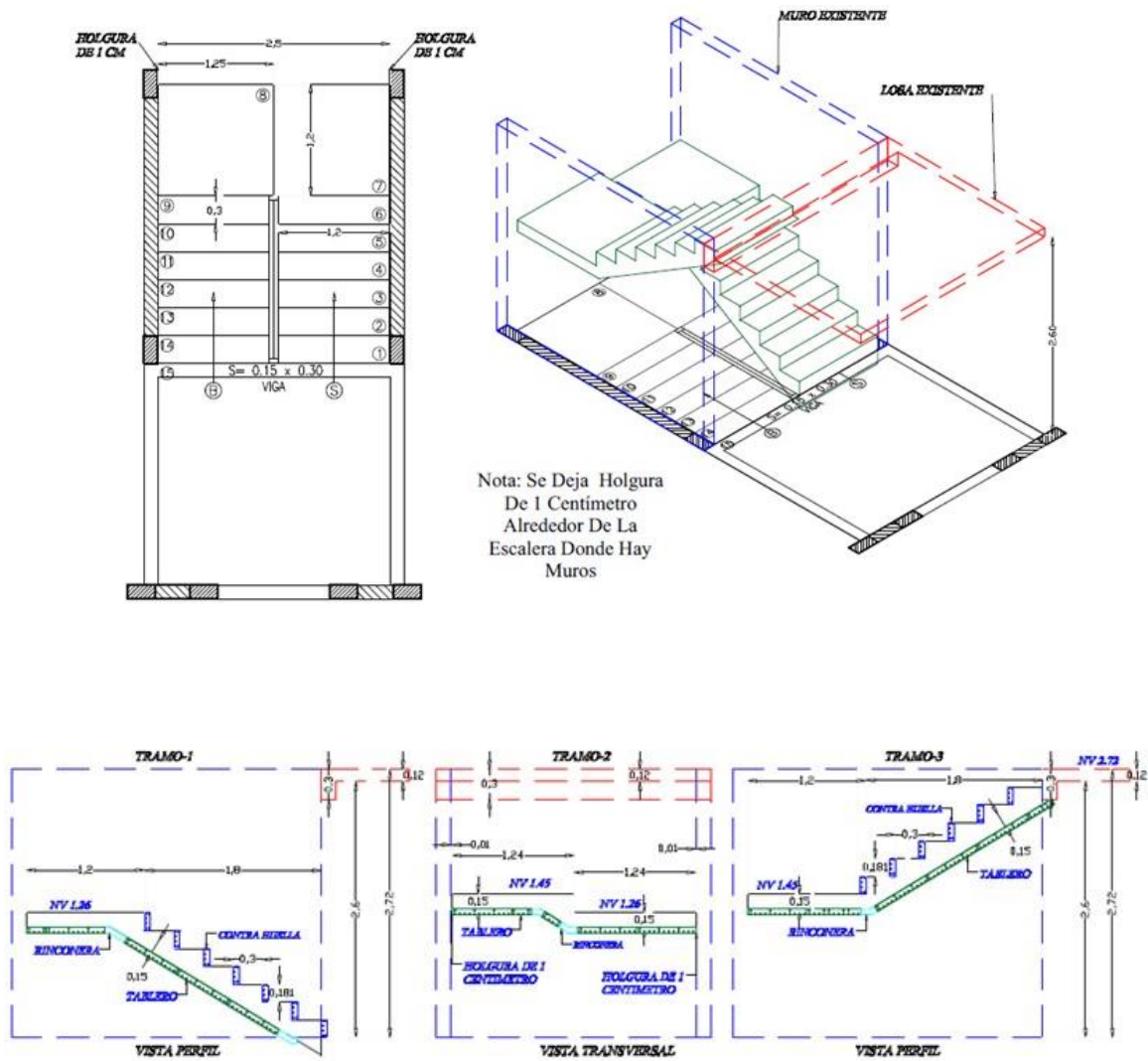


Figura 42. Modulación Escalera para presentación al cliente

3.2.4 Proyecto 4.

Se realizó la modulación de guarderías de vigas de una piscina, se estableció las dimensiones del tablero metálico a utilizar los accesorios y productos consumibles necesarios al igual que el apuntalamiento que este tipo de proyectos ameritaba.

Por motivos de política de seguridad de la empresa, no se da a conocer el cliente del proyecto, al igual que la cantidad de equipo cotizado.

- Nombre del proyecto: Vigas Piscina
- Objeto del proyecto: realizar modulación y cotización de una de una serie de vigas a una altura de 0.5m
- Superficie de contacto cotizada: 241m²
- Valor alquiler diario: 750\$/m²
- Duración del equipo en obra: 1 meses
- Ubicación: Barranquilla

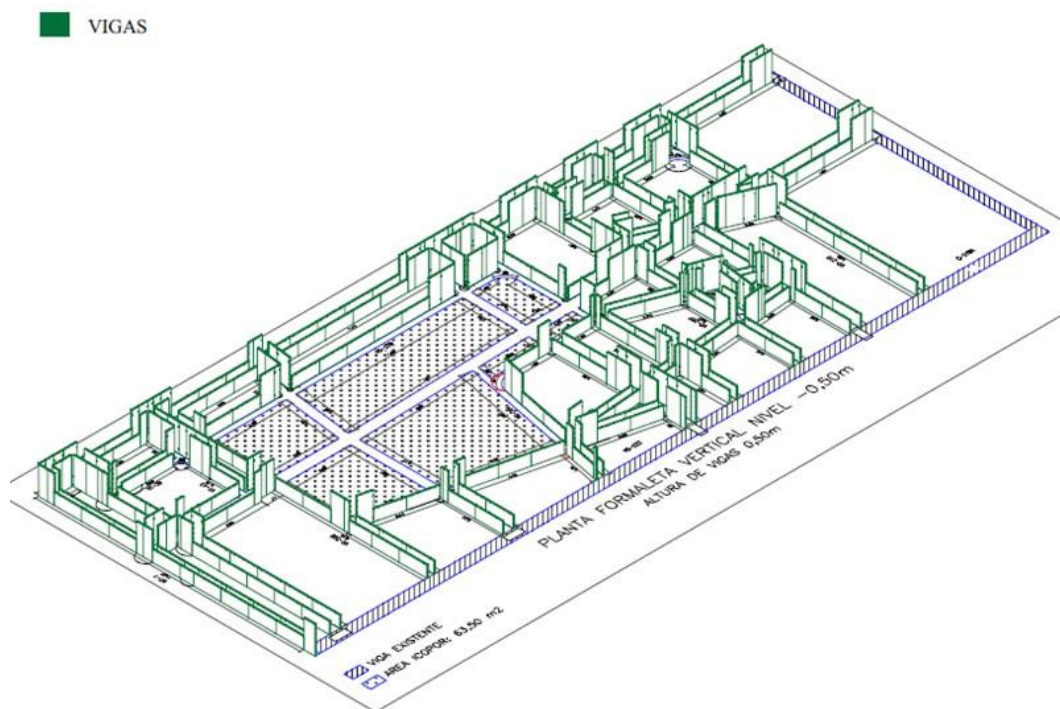


Figura 43. Modulación Vigas para presentación al cliente

3.3 Investigación sobre el cálculo de presión y velocidad de vaciado en el encofrado

Los diferentes clientes del Grupo Corporativo Metalex, en la fase de ejecución de obras civiles muestran discrepancia puesto a que no se tiene con seguridad una investigación detallada de cálculo de presión que ejerce el concreto hacia el encofrado y la velocidad de vaciado óptima, garantizando la durabilidad y estabilidad del equipo, evitando posibles fallas a la hora de la fundida las cuales ocasionan desviaciones económicas en los valores definitivamente ejecutados comparados con los costos proyectados, que en algunos acontecimientos representan falsas proyecciones de ahorros o sobrecostos a lo largo del progreso del proyecto; algunas fallas en el encofrado pueden ocasionar lesiones a los trabajadores, en las fallas más grandes pueden presentarse pérdidas humanas tras la ruptura y consecuente caída del encofrado; estas son las razones por las cuales necesitamos aprender a controlar y monitorear la presión del concreto dentro del encofrado y la velocidad de vaciado óptima.

La información en la literatura colombiana actual es escasa sobre metodologías o procedimientos especializados en calcular la presión de concreto en el encofrado y la velocidad de vaciado, para la presente investigación se tomó como referencia la guía de encofrado para concreto ACI 347 (Wheeler & Stivaros, 2004).

3.3.1 Relación entre aditivos para el concreto y el encofrado

Al usar aditivos para el concreto se puede obtener la calidad y el acabado del concreto exigido por los arquitectos, ingenieros y propietarios de proyectos, un buen proveedor de concreto premezclado debe tener el conocimiento técnico y la experiencia para identificar cual o cuales aditivos utilizar en cada proyecto, así como cuánto y cuando se deben agregar, el sistema de

encofrado que se elija también es muy importante, “cuando la mezcla de concreto es más líquida se requiere un sistema de encofrado más resistente y con mayor capacidad a la presión de vaciado del concreto” (ACI, 2005) , es en este momento cuando una buena ingeniería y un buen gerente de proyecto debe cumplir a cabalidad sus responsabilidades, así mismo un buen proveedor de encofrado puede ser una verdadera ventaja si es que cuenta con ingeniería y servicio de campo que entregue un apoyo excelente y esencial.

3.3.2 Los encofrados y la seguridad del proyecto

La falla de encofrado al presentarse una ruptura durante la construcción trae consigo preocupaciones obvias de seguridad, dichas preocupaciones incluyen la posibilidad de lesiones personales, daños materiales, cargas financieras relacionadas con el costo de limpieza, tiempo adicional al programado, mano de obra extra, remplazo del concreto, entre otras; Para llevar a cabo un proyecto seguro la cooperación y la coordinación entre los ingenieros y gerentes del proyecto con los proveedores de encofrado es esencial.

Factores que pueden producir fallas en el encofrado son las mezclas con retardante de fraguado, la relación agua-cemento y los sistemas de entrega del concreto premezclado. Sin embargo, “la falta de control durante el vaciado y el monitoreo inadecuado del comportamiento del concreto antes y después del vaciado tienen los efectos más serios que afectan la seguridad y la capacidad estructural del encofrado” (A.Santilli, I.Puente, & M.Tanco, 2013). Un análisis de los problemas potenciales relacionados con la ejecución de un vaciado de concreto exitoso debe ser hecho por el ingeniero y por el contratista desde el diseño del proyecto.

Los gerentes de proyectos deberán seleccionar un sistema de encofrado que entregue resistencia, flexibilidad y los costos más bajos de concreto vaciado en obra y que a la vez maximice

la seguridad; También deberán desarrollar un plan que incluya los parámetros para la entrega del concreto y monitoreo del mismo durante el vaciado.

Es crucial monitorear el concreto cuando se use vibrador, “si el vibrador llega muy al fondo dentro del vaciado el concreto parcialmente endurecido se puede hacer liquido nuevamente he incrementar la presión en el encofrado hasta el punto de falla” (Y. Vanhove, C. Djelal, & A. Magnin, 2004).

Un indicativo claro de que el concreto se vació muy rápidamente es una falla menor del encofrado que da como resultado, un acabado ondulado o con pequeñas protuberancias en el concreto terminado; Otras fallas pueden presentarse por errores en la mezcla de concreto que se agravan aún más si la velocidad de vaciado no es la apropiada, en realidad un porcentaje pequeño de fallas ocurre por errores en el diseño del encofrado. La cruel realidad es que las fallas de encofrado pueden variar desde un acabado ondulado hasta una ruptura total del encofrado, las cuales pueden causar lesiones graves e incluso muertes.

“Todos los encofrados están diseñados para una presión de vaciado máxima permitida” (G. Ovarlez & N. Roussel, 2005), esta capacidad de presión no se obtiene si el encofrado no es ensamblado correctamente.

En resumen, un proyecto éxitos está definido por:

- Cero accidentes, lesiones o daños materiales.
- Ensamble correcto del encofrado.
- Vaciado del concreto premezclado a la máxima velocidad permitida. Estrictamente de acuerdo con la información de diseño del encofrado.
- Acabado de concreto superior, como resultado de un apropiado diseño de concreto y de una

excelente elección de encofrado.

- El costo más bajo de concreto vaciado en obra. Garantizando a la vez el cumplimiento de todos los requisitos de calidad y de seguridad del proyecto.

3.3.3 Presión máxima en el encofrado y la velocidad de vaciado permitida.

Ahora hablemos sobre la carga que el encofrado debe resistir, la presión del concreto líquido.

A mayor profundidad del concreto líquido en un muro, mayor será la presión. “Muchas veces se tiene la idea incorrecta que entre más ancho el muro, mayor será la presión del concreto” (Kamal Henri Khayat & Ahmed F. Omran, 2010), la verdad es que la presión que el concreto ejerce sobre el muro es totalmente dependiente de la altura del concreto líquido dentro del encofrado; Como el concreto contiene arena, grava, cemento y agua es más denso y por consiguiente más pesado en relación con el agua.

“La presión de cabeza líquida se define como la altura de concreto líquido por la densidad del concreto” (I. Martín, R. Salcedo, & R. Font., 2011), el resultado generalmente se expresa en kilogramo sobre metro cuadrado o kilo-pascales, la presión de cabeza líquida en la parte más alta del concreto líquido es cero y la presión en la parte más baja del concreto líquido es la máxima.

El encofrado se diseña y se especifica para una altura admisible (máxima) de concreto líquido, la altura de concreto líquido multiplicada por la densidad del mismo, determina la presión de vaciado máxima admisible, “la densidad del concreto es aproximadamente 2400Kg/m³” (Wikipedia, 2019).

¿Qué pasa si el muro es más alto que la altura del concreto líquido permisible? Afortunadamente el concreto endurece, una vez que el concreto fragua y se solidifica dentro del encofrado deja de ejercer presión, ya que es un sólido y no ejerce presión lateral. Aunque el concreto endurecido en

el fondo del encofrado no ejerce presión adicional, Las, grapas, distanciadores, pines, tensores alineadores, puntales y otros accesorios no se pueden retirar hasta que todo el concreto dentro del encofrado haya endurecido.

Si sabemos que tan rápido endurece el concreto podemos vaciar a un ritmo específico de manera que no excedamos la cabeza líquida máxima, dicho ritmo específico es el que se denomina velocidad de vaciado y se indica en metros por hora (m/hr); Esta velocidad de vaciado se determina utilizando las fórmulas de la guía para encofrados en concreto ACI 347 (ACI, 2005) y depende de la temperatura y de la composición química del concreto.

Es recomendable que la gerencia del proyecto revise la guía para encofrado en concreto ACI 347 (ACI, 2005) si decide aplicar esta metodología, ya que existen algunas aplicaciones especiales que no se cubren en este documento y que pueden cambiar significativamente el cálculo de la presión de vaciado, el bombeo de concreto desde la parte inferior del encofrado hacia arriba y el uso de concreto autocompactante son algunos ejemplos de ampliaciones que requiere un análisis adicional para determinar la velocidad de vaciado.

“La temperatura del concreto es importante, una mezcla de concreto caliente se endurece más rápido que una mezcla fría” (A.Santilli, S.Teixeira, & I.Puente, *Construction and Building Materials*, 2015), de manera que entre más frío este el concreto líquido menor será la velocidad de vaciado, ¿Por qué son importantes los químicos? Un concreto con químicos y aditivos como plastificantes por ejemplo pueden endurecer más rápidamente que uno sin aditivos, estas mezclas requerirán una velocidad de vaciado menor.

Las graficas incluidas en los planos de montaje de un proveedor de encofrado cualificado, se debe usar para determinar la velocidad de vaciado, estas graficas se han elaborado utilizando las ecuaciones y la información de la guía para encofrado de concreto ACI 347 (ACI, 2005)

mencionada anteriormente, si se utiliza esta graficas correctamente, la velocidad de vaciado garantizará que la altura de concreto liquido no excederá la cabeza liquida admisible.

“Si la velocidad a la cual el concreto está fraguando, es igual a la velocidad de colocación del concreto dentro del encofrado se garantiza que no se excederá la presión de vaciado admisible” (Marvin Gates & Amerigo Scarpa, 1978).

La temperatura, los químicos o la velocidad de vaciado incorrecto puede traer consecuencias graves para el encofrado, un cambio repentino en la temperatura del concreto se puede presentar con “el paso de un frente frio” o con un cambio de estación, los agregados apilados pueden enfriarse durante la noche dando como resultado un concreto 20 a 30 grados más frio que la temperatura del aire, usar la temperatura del aire en lugar de la temperatura del concreto podría resultar en una velocidad de vaciado que sería el doble de la velocidad permisible. La composición química del concreto puede cambiar, un supervisor de proyectos puede cambiar el diseño de la mezcla agregando plastificantes o retardante para facilitar la colocación del concreto en el encofrado, esto puede ocasionar incremento en la presión de vaciado en el encofrado. Muchos contratistas empiezan el vaciado tarde en el día, lo cual obliga a trabajar hasta tarde, es tentador para los obreros incrementar la velocidad de vaciado con el fin de terminar lo más pronto, al incrementar la velocidad de vaciado, se incrementa la presión en el encofrado.

Si las velocidades de vaciado no se cumplen se puede causar protuberancias en el encofrado, así mismo se puede presentar la ruptura del encofrado, ocasionando que el concreto fluya a fuera del mismo, en casos extremos el concreto que presenta ruptura puede volverse inestable y caer.

Siempre tenga en cuenta que puede ser necesario cambiar las velocidades de vaciado a diario para responder tanto a los cambios de temperatura del concreto como a los cambios de los aditivos del mismo.

Vibrar accidentalmente el concreto en los niveles bajos puede afectar el endurecimiento del concreto y se puede incrementar la presión en el encofrado, esto puede causar la falla en el encofrado, así mismo el vibrado excesivo del concreto puede incrementar la presión de concreto por encima de la cabeza líquida de presión y este también puede ocasionar la falla del encofrado.

3.3.4 Cálculo de la presión máxima en el encofrado y la velocidad de vaciado permitida.

El cálculo de la presión que ejerce el concreto fresco (líquido) sobre el fondo del encofrado de losas y vigas se determina multiplicando el peso específico del concreto γ (Kg/m³) por la altura o espesor e (m) de las vigas y losa.

$$P_m \left(\frac{KN}{m^2} \right) = \gamma * e$$

La guía de encofrado para concreto ACI 347 (ACI, 2005), especifica que para efectuar el cálculo se debe cumplir los siguientes requisitos, un cono de Abrams máximo de 175mm y una compactación mediante vibración interna con una profundidad máxima de 1.2m

El cálculo tiene como variable la velocidad de vaciado de concreto en el encofrado V (m/h), la temperatura de fraguado del concreto T (°C) y la altura del encofrado H (m).

En muros o columnas con una velocidad de vaciado menor a 2.1m/h y una altura de encofrado menor a 4.2m se tiene en cuenta la siguiente fórmula:

$$V < 2.1\text{m/h y } H < 4.2\text{m}$$

$$Pm \left(\frac{KN}{m^2} \right) = Cw * Cc * \left(7.2 + \frac{785 * V}{17.8 + T} \right)$$

En muros con una velocidad de vaciado menor a 2.1m/h y una altura de encofrado mayor a 4.2m o bien si la velocidad de vaciado es mayor a 2.1m/h y menor a 4.5m/h. se tiene en cuenta la siguiente formula:

$$V < 2.1\text{m/h y } H > 4.2\text{m. o bien si } 2.1\text{m/h} < V < 4.5\text{m/h}$$

$$Pm \left(\frac{KN}{m^2} \right) = Cw * Cc * \left(7.2 + \frac{1156 + 244V}{17.8 + T} \right)$$

Si la velocidad de vaciado es mayor a 4.5m/h, la ley de presión es hidrostática, esto se debe a que la velocidad de ascensión del concreto es muy alta.

$$V > 4.5\text{m/h}$$

$$Pm \left(\frac{KN}{m^2} \right) = \gamma * H$$

La guía ACI 347 indica que, en todos los casos, la presión máxima que ejerce el concreto a las paredes del encofrado debe ser $30 * Cw$ (KN/m²), pero no debe exceder nunca la presión hidrostática.

C_w es el coeficiente por unidad de peso y C_c es el coeficiente de composición química, los valores de estos coeficientes se encuentran en la tabla 1 y tabla 2 respectivamente.

Tabla 1. Coeficiente Por Unidad de Peso C_w (ACI 347)

C_w	Peso específico del concreto (y)
$0.5 * \left(1 + \left(\frac{y}{22.75} \right) \right) > 0.85$	$y < 21.97 \text{ KN/m}^3$
1.0	$21.97 \leq y \leq 23.54 \text{ KN/m}^3$
$\frac{y}{22.75}$	$y \geq 23.54 \text{ KN/m}^3$

Fuente: Tomada de la ACI 347

Tabla 2. Coeficiente de Composición química C_c (ACI 347)

	Tipo y características del Cemento	C_c
1	Tipo I, Tipo II o Tipo III con cualquier aditivo excepto superplastificante o sin aditivos.	1,0
2	Tipo I, Tipo II o Tipo III con superplastificantes o retardantes.	1,2
3	Tipo IV o Tipo V que contengan menos del 70% de escoria de horno alto o menos del 40% de cenizas volantes sin superplastificantes ni retardantes de fraguado.	1.2
4	Tipo IV o Tipo V que contengan menos del 70% de escoria de horno alto o menos del 40% de cenizas volantes superplastificantes o retardantes de fraguado.	1.4
5	Tipo IV o Tipo V que contengan más del 70% de escoria de horno alto o más del 40% de cenizas volantes.	1.4

Fuente: Tomada de la ACI 347

El encofrado fabricado en Industrias Metalex. S.A.S está diseñado para soportar una presión de

48 KN/m² a una altura de 2.4m (altura cabeza liquida permisible).

Para realizar el cálculo y diseñar la gráfica de las velocidades de vaciado según la temperatura y los componentes químicos del concreto, dejando como constante el peso específico del concreto ($\gamma = 2400 \text{ Kg/m}^3$), se despejo de las fórmulas anteriormente mencionadas la variable Velocidad. La densidad del concreto es aproximadamente 2400 Kg/m^3 (24 KN/m^2), por consiguiente, el coeficiente por unidad de peso C_w tiene un valor de 1.05

C_w	Peso específico del concreto (γ)
$\frac{\gamma}{22.75}$	$\gamma \geq 23.54 \text{ KN/m}^3$

$$C_w = \frac{24.00}{22.75} = 1.05$$

En muros o columnas con una velocidad de vaciado menor a 2.1m/hr y una altura de encofrado menor a 4.2m se tiene en cuenta la siguiente formula:

$$V < 2.1 \text{ m/h y } H < 4.2 \text{ m}$$

$$V \left(\frac{m}{hr} \right) = \frac{(17.8 + T) * \left(\frac{Pm}{C_w * C_c} - 7.2 \right)}{785}$$

$$V \left(\frac{m}{hr} \right) = \frac{(17.8 + T) * \left(\frac{48}{1.05 * C_c} - 7.2 \right)}{785}$$

Si C_c es 1,0

$$V \left(\frac{m}{hr} \right) = (0.87327) + (0.04906 * T)$$

Si C_c es 1,2

$$V \left(\frac{m}{hr} \right) = (0.70061) + (0.03936 * T)$$

Si Cc es 1,4

$$V \left(\frac{m}{hr} \right) = (0.57708) + (0.03242 * T)$$

En muros con una velocidad de vaciado menor a 2.1m/h y una altura de encofrado mayor a 4.2m o bien si la velocidad de vaciado es mayor a 2.1m/h y menor a 4.5m/h. se tiene en cuenta la siguiente formula:

$V < 2.1m/h$ y $H > 4.2m$. o bien si $2.1m/h < V < 4.5m/h$

$$V \left(\frac{m}{hr} \right) = \frac{(17.8 + T) * \left(\frac{Pm}{Cw * Cc} - 7.2 \right) - 1156}{244}$$

$$V \left(\frac{m}{hr} \right) = \frac{(17.8 + T) * \left(\frac{48}{1.05 * Cc} - 7.2 \right) - 1156}{244}$$

Si Cc es 1,0

$$V \left(\frac{m}{hr} \right) = (0.15785 * T) - (1.92806)$$

Si Cc es 1,2

$$V \left(\frac{m}{hr} \right) = (0.12662 * T) - (2.48387)$$

Si Cc es 1,4

$$V \left(\frac{m}{hr} \right) = (0.10432) - (2.88088)$$

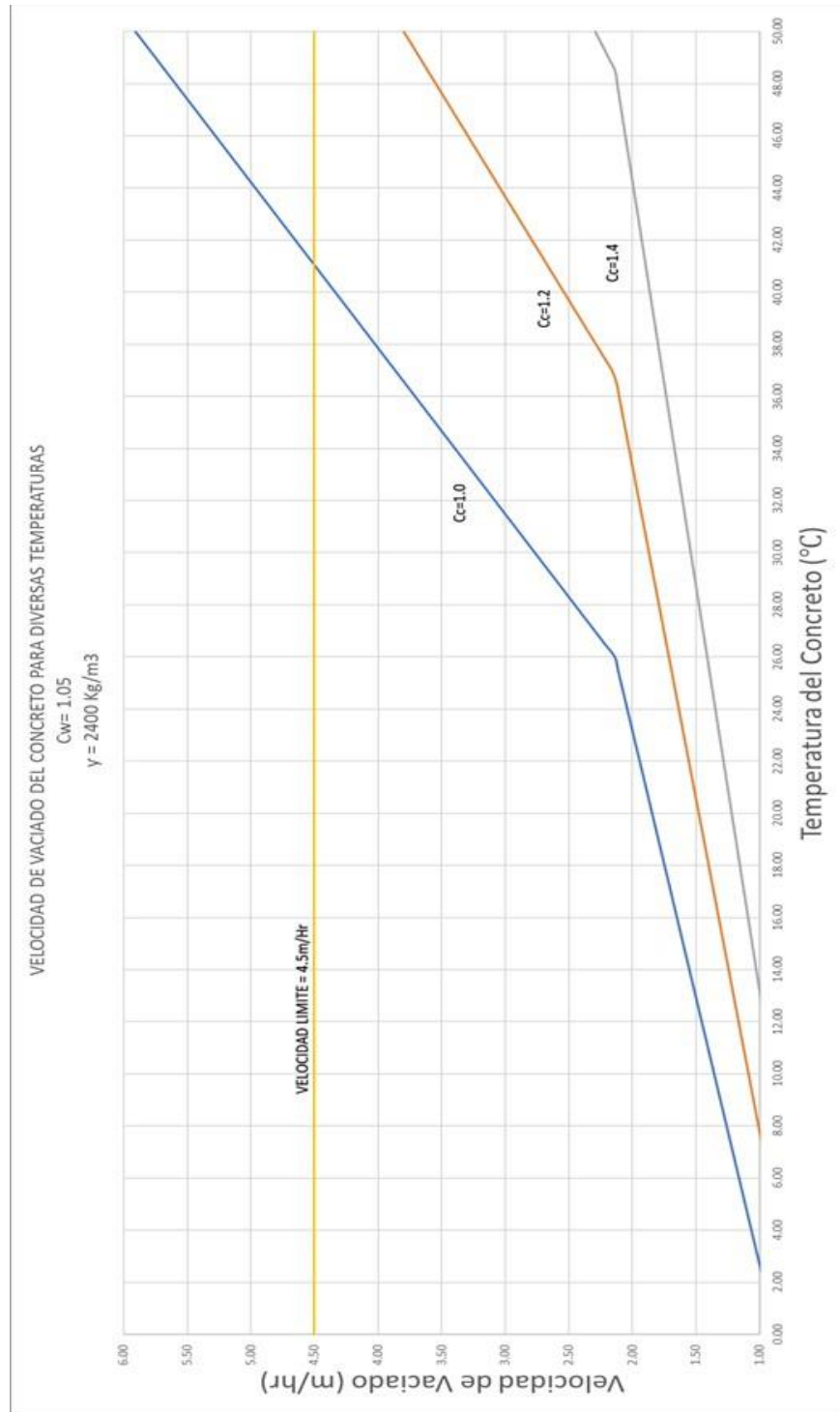
Por medio de las fórmulas y teniendo en cuenta los condicionales dados se diseñó la gráfica “Velocidades de vaciado del concreto para diversas temperaturas”

Como utilizar las gráficas de presión de vaciado:

- Determinar los aditivos en el concreto y la temperatura del mismo, el coeficiente químico C.c. está determinado por los componentes dentro de la mezcla de concreto, bien sea los aditivos como retardantes y plastificantes, el tipo de cemento o los sustitutos de cementos tales como cenizas volantes, escoria, entre otras. Existen tres fuentes de información para identificar los componentes del concreto: diseño aprobado de la mezcla de concreto, el boleto de orden del concreto y la nota de entrega del lote suministrada por el conductor del camión.

- “Es de vital importancia determinar la temperatura del concreto colocando un termómetro por lo menos a 75mm de profundidad dentro del concreto, tal como lo indica la norma ASTM C1074” (M. C. Castro, M. C. López, Y. A. Alvarado, J. O. Castaño, & I. Gasch, 2016), tenga cuidado de no utilizar la temperatura del aire, las temperaturas del concreto pueden ser de 20 a 30 grados más bajas que la temperatura del aire. lo cual puede potencialmente doblar la velocidad de vaciado en algunos casos; Esta información puede ser utilizada por la gerencia del proyecto tanto con fines de planeación como para monitorear y verificar que se estén siguiendo las velocidades de vaciado correctas.

Tabla 3. Velocidad de vaciado Vs Temperatura del Concreto



A continuación, se resolverá a modo de ejemplo dos ejercicios

Ejercicio 1

Se desea fundir muros de 5 m de altura utilizando formaleta metálica de la empresa Industrias Metalex S.A.S, para la mezcla de concreto se usó cemento portland normal, sin retardantes, con un peso específico aproximadamente 24 KN/m³, el ensayo del cono de Abrams arrojó un valor de 120mm y se utilizara un vibrador interno de 0.50m de altura, la gerencia del proyecto aprobó una velocidad de llenado de 3 m/h, antes de realizar el vaciado se determinó la temperatura del concreto 25°C ¿ cuánta presión ejerce el concreto líquido en el encofrado?, sabiendo que la formaleta metálica de Industrias Metalex S.A.S soporta una presión de 48 KN/m² a una altura de 2.4m. ¿La presión que ejerce el concreto la puede soportar la formaleta?

Solución: primero, se determina que los valores del cono de Abrams y la altura del vibrador interno no sean superiores a los valores máximos establecidos en la norma ACI-347, en este ejemplo cumple.

$$\text{Cono de Abrams} = 120\text{mm} < 175\text{mm}$$

$$\text{Profundidad de Vibrador} = 0.5\text{m} < 1.2\text{m}$$

Segundo, se calcula el coeficiente por unidad de peso (C_w) y el coeficiente de composición química (C_c), los valores de estos coeficientes se encuentran en la tabla 1 y tabla 2 respectivamente.

C_w	Peso específico del concreto (γ)
$\frac{\gamma}{22.75} = \frac{24.00}{22.75} = 1.05$	$\gamma \geq 23.54 \text{ KN/m}^3$

	Tipo y características del Cemento	Cc
1	Tipo I, Tipo II o Tipo III con cualquier aditivo excepto superplastificante o sin aditivos.	1,0

En este ejemplo C_w es 1.05 y C_c es 1.0

Tercero, se identifica el valor de la velocidad de vaciado y la altura del muro a encofrar y se escoge la formula pertinente, en este ejemplo la velocidad de vaciado 1.80m/h es menor a 2.1m/h y la altura del muro a encofrar 5m es mayor a 4.2m, por consiguiente, se tiene en cuenta la siguiente formula:

$$P_m \left(\frac{KN}{m^2} \right) = C_w * C_c * \left(7.2 + \frac{1156 + 244V}{17.8 + T} \right)$$

Remplazando valores

$$P_m \left(\frac{KN}{m^2} \right) = 1.05 * 1.00 * \left(7.2 + \frac{1156 + 244 * 1.80}{17.8 + 15} \right)$$

$$P_m \left(\frac{KN}{m^2} \right) = 46.91$$

La presión que ejerce el concreto liquido en el encofrado es de 46.91 KN/m², la formaleta metálica está diseñada para soportar 48KN/m² por lo que el encofrado puede soportar la presión suministrada.

Ejercicio 2

Se desea fundir muros de 2.4 m de altura utilizando formaleta metálica de Industrias Metalex S.A.S, para la mezcla de concreto se usó cemento portland Tipo II, con superplastificantes, con un peso específico aproximadamente 24 KN/m³, el ensayo del cono de Abrams arrojó un valor de

135mm y se utilizara un vibrador interno de 1.0m de altura, antes de realizar el vaciado se determinó la temperatura del concreto 20°C , sabiendo que la formaleta metálica de Industrias Metalex S.A.S soporta una presión de 48 KN/m² a una altura de 2.4m. ¿Cuál es la velocidad de vaciado óptima, que garantice la presión máxima que puede soportar el encofrado?

Solución: primero, se determina que los valores del cono de Abrams y la altura del vibrador interno no sean superiores a los valores máximos establecidos en la norma ACI-347, en este ejemplo cumple.

$$\text{Cono de Abrams} = 135\text{mm} < 175\text{mm}$$

$$\text{Profundidad de Vibrador} = 1.0\text{m} < 1.2\text{m}$$

Segundo, se calcula coeficiente de composición química (Cc), los valores se encuentran en la tabla 2

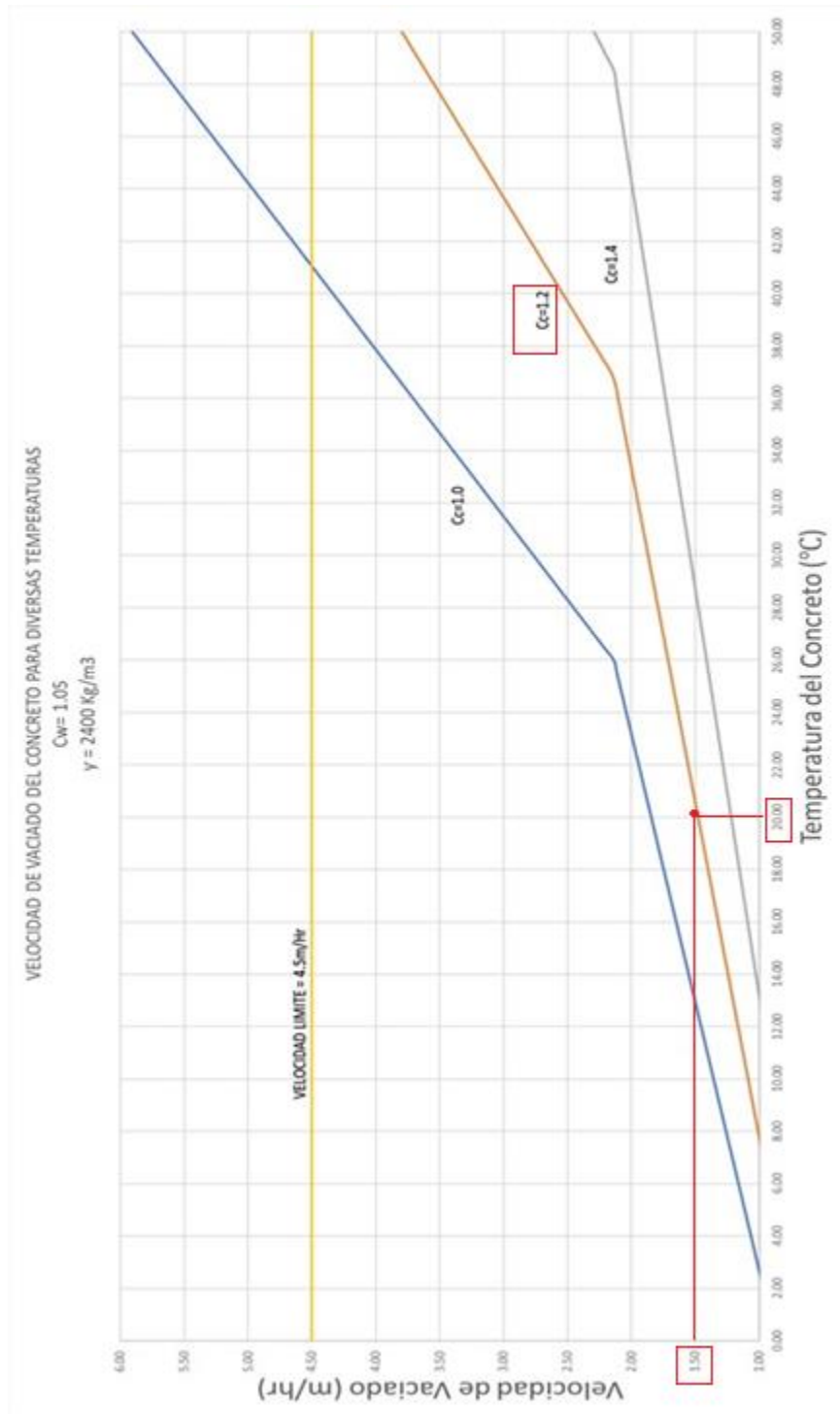
Tipo y características del Cemento		Cc
2	Tipo I, Tipo II o Tipo III con superplastificantes o retardantes.	1,2

En este ejemplo Cc es 1.02

Tercero, se calcula la velocidad de vaciado con la gráfica “*Velocidad de vaciado Vs Temperatura del Concreto*” (tabla 3)

Variables:

- Temperatura del concreto antes del vaciado = 20°C
- Coeficiente de composición química = 1.2



La velocidad de vaciado óptima, que garantiza la presión máxima que puede soportar el encofrado es de 1.50 m/h

4. Aporte al conocimiento

Sin ninguna duda en este periodo de prácticas en Industrias Metalex S.A.S, he realizado actividades que tiene un gran valor pedagógico para mi formación en todos los aspectos como futuro ingeniero civil. es oportuno resaltar la retroalimentación y conocimiento reafirmado de conceptos adquiridos en la academia.

Es pertinente afirmar la implementación de conceptos puestos en práctica de materias como: “Programación y presupuesto de obra” y “construcciones”. Así mismo, la adquisición de nuevos términos y conceptos que permite desarrollar las tareas asignadas de una manera correcta y eficiente.

Los conceptos adquiridos sobre el sistema industrializado serán una gran herramienta como futuro ingeniero supervisor, interventor o gerente de proyectos.

Uno de los aspectos más desarrollados tiene que ver con realizar modulaciones y cantidades de obra. El uso de nuevas técnicas y tecnologías sumado a lo aprendido en la academia permite mejorar la interpretación y elaboración de estas actividades; De igual importancia cabe resaltar el dominio adquirido del software AutoCAD que durante el periodo de prácticas se ha implementado en el ejercicio de realizar modulaciones.

Otra habilidad que pude desarrollar fue la interpretación de planos de cualquier tipo de proyecto, como lo son residenciales, comerciales, industriales, obras públicas, institucionales, proyectos hidráulicos, proyectos viales, etc.

Gracias a Industrias Metalex S.A.S y a las practicas realizadas he podido fortalecer mi formación integral como persona y como profesional.

Trabajar en el sector privado, en especial con industrias que manejan productos a nivel nacional e internacional, permite adquirir habilidad y capacidad de expresión con los ingenieros de otras regiones del país e incluso de otras regiones del mundo.

5. Conclusiones

- Realizar una Práctica Empresarial permite desarrollar nuevos conceptos y habilidades en procesos de ingeniería civil.
- El encofrado metálico es un sistema que permite lograr alta productividad por la simplicidad en su uso y armado. Ofrece la posibilidad de ser reutilizado y se adapta fácilmente a los complejos acabados arquitectónicos gracias a sus piezas modulares.
- La ejecución de reuniones con el jefe inmediato del área técnica es una herramienta que facilita a ambas partes el seguimiento a las actividades completadas hasta el momento, la resolución de dudas o incógnitas sobre la tarea desarrollada y la corrección del trabajo realizado hasta la fecha.
- Poder contar con información sobre los proyectos desarrollados con anterioridad permite realizar un trabajo más completo y detallado según los requerimientos solicitados por Industrias Metalex S.A.S.
- Factores que pueden producir fallas en el encofrado son las mezclas con retardante de fraguado, la relación agua-cemento y los sistemas de entrega del concreto premezclado.
- El monitorio inadecuado del comportamiento del concreto antes y después del vaciado tienen los efectos más serios que afectan la seguridad y la capacidad estructural del encofrado.
- Cuando la mezcla de concreto es más líquida se requiere un sistema de encofrado más resistente y con mayor capacidad a la presión de vaciado del concreto.
- Un análisis de los problemas potenciales relacionados con la ejecución de un vaciado de concreto exitoso debe ser hecho por el ingeniero y por el contratista desde el diseño del proyecto.

- Para llevar a cabo un proyecto seguro la cooperación y la coordinación entre los ingenieros y gerentes del proyecto con los proveedores de encofrado es esencial.

Referencias bibliográficas

- A.Santilli, I.Puente, & M.Tanco. (2013). Fresh concrete lateral pressure decay : Kinetics and factorial design to determine significant parameters. structural engineering.
- A.Santilli, S.Teixeira, & I.Puente. (2015). Construction and Building Materials. En A.Santilli, S.Teixeira, & I.Puente, Influence of temperature and concrete reinforcement on vertical formwork design (Vol. 88, págs. 188-195).
- ACI. (2005). Formwork for concrete. ACI.
- Burbano, A. (2006). Costos y presupuestos: Conceptos Fundamentales para la Gerencia, 2ª ed., Bogotá: Universidad de los Andes. 15 p.
- G. Ovarlez, & N. Roussel. (abril de 2005). A Physical Model for the Prediction of Lateral Stress Exerted by Self-Compacting Concrete on Formwork. Materials and Structure, 39(2), 272-279. doi:10.1617/s11527-005-9052-1
- González Forero, H. (2006). El presupuesto y su control en un proyecto arquitectónico. 2ª. ed. Bogotá: Ecoe Ediciones. 11, 12, 41, 42, 151, 152 p.
- I. Martín, R. Salcedo, & R. Font. (2011). MECÁNICA DE FLUIDOS Tema2. Impulsión de fluidos. California,USA: Universidad de Alicante.
- Industrias Metalex;. (20 de julio de 2019). METALEX soluciones integrales al servicio de las construccion. Obtenido de <https://www.metalex.com.co/>
- Informes de la construcción. (sf). Normativa ASTM C1074. Disponible en: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/articulo/download/4664/5431>
- Kamal Henri Khayat, & Ahmed F. Omran. (6 de enero de 2010). Evaluation of SCC Formwork

- Pressure. *Concrete International*, 32(6), 0-34.
- López De Artigosa Casares, D. A. (2010). *Ingeniería de costos en la construcción*, 1ª. ed, México: Trillas. 27 p.
- M. C. Castro, M. C. López, Y. A. Alvarado, J. O. Castaño, & I. Gasch. (marzo de 2016). Application of the maturity method for the estimation of shore removal. 68. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.14.105>
- Marvin Gates, & Amerigo Scarpa. (1978). *Concreting and Formwork Logistics and Optimization* (Vol. 104). AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS.
- Peurifoy, R.L (1981). *Planteamiento y equipos de construcción*. México: Diana, 8ª. ed. 160 p.
- Project Management Institute. (2013). *A guide to the Project management body of knowledge (PMBOK ® Guide)*. 5 ed. Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 USA: PMI. 589 p.
- Wheeler, K., & Stivaros, P. (2004). *ACI-347-04. Guide to Formwork for Concrete*. USA, USA: Reported by ACI committee 347.
- Wikipedia. (20 de julio de 2019). Wikipedia. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Concreto>
- Y. Vanhove, C. Djelal, & A. Magnin. (2004). Prediction of the lateral pressure exerted by self-compacting concrete on formwork. *Magazine of Concrete Research*, 56(1).