

**AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN PRÁCTICAS EN LA EMPRESA KER
INGENIERÍA SAS, EN CONSULTORÍA ESPECIALIZADA**

MARÍA LUISA RODRÍGUEZ PERTUZ

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2018**

**AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN PRÁCTICAS EN LA EMPRESA KER
INGENIERÍA SAS, EN CONSULTORÍA ESPECIALIZADA**

MARÍA LUISA RODRÍGUEZ PERTUZ

**Práctica Empresarial como requisito para optar
al título de Ingeniero Civil**

**Supervisor Académico:
Ing. Civil Sandra Rocío Villamizar Amaya, Ph.D.**

**Supervisor Empresarial:
Ing. Carlos Eduardo Ruiz Navarro**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2018**

DEDICATORIA

A Dios principalmente, a mi mamá y a mi hermana por ser mi apoyo incondicional y mi fuente de inspiración, por impulsarme siempre a dar lo mejor de mí y a luchar por mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme culminar este proceso de manera satisfactoria. A mi familia por la incondicionalidad y el apoyo en cada paso que doy.

A la Universidad Pontificia Bolivariana y a los docentes que hicieron parte de mi formación y me dieron el espacio de ser yo misma mientras me formaba profesionalmente. Especialmente a la profesora Sandra Villamizar por su guía, paciencia y orientación durante todo este proceso.

A KER Ingeniería y al Ingeniero Carlos E. Ruiz por darme la oportunidad y la confianza para realizar mi práctica empresarial.

A Gina Garrido y Ximena Peña por su apoyo absoluto durante mi periodo de práctica, y por hacer de esta experiencia algo totalmente enriquecedor.

Y finalmente, a mis amigos y a todas las personas que me acompañaron y me hicieron crecer en todo este tiempo, por hacer de mi paso por la universidad uno de los mejores momentos de mi vida. Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo general	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. GLOSARIO	16
4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	17
5. DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS	19
6. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO	22
Actividades de Supervisión Técnica:	22
Actividades de Patología Estructural:	25
Apoyo al inventario predial:	30
7. APORTE AL CONOCIMIENTO	31
Patología estructural	31
Supervisión técnica	32
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Principio del método Sonic Echo</i>	11
<i>Figura 2: Principio Impact Echo</i>	12
<i>Figura 3: Principio Ultrasonic Pulse Velocity</i>	13
<i>Figura 4: Principales Clientes de la empresa KER Ingeniería.</i>	17
<i>Figura 5: Estructura organizacional de la empresa.</i>	18
<i>Figura 6: Render Gran Alicante</i>	19
<i>Figura 7: Render Monza 23</i>	20
<i>Figura 8: Render Bonum de Mardel</i>	20
<i>Figura 9: Actividades sobre las cuales se hizo seguimiento. Proyecto: Gran Alicante.</i>	23
<i>Figura 10: Avance de obra Gran Alicante.</i>	23
<i>Figura 11: Seguimiento a levantamiento de muros en mampostería. Proyecto: Monza23.</i>	24
<i>Figura 12: Dimensiones conocidas de los elementos.</i>	26
<i>Figura 13: Evaluación inicial de división en tramos para aplicación de pruebas</i>	26
<i>Figura 14: Dimensiones conocidas de los elementos.</i>	27
<i>Figura 15: Implementación de escáner</i>	27
<i>Figura 16: Escáner Profometer PM-650.</i>	27
<i>Figura 17: Ubicación de puntos para implementación de pruebas</i>	28
<i>Figura 18: Controlador. Equipo de ultrasonido y acelerómetros ensayo UPV.</i>	28
<i>Figura 19: Equipo de ultrasonido.</i>	28
<i>Figura 20: Simulación de onda de transmisión en software WinIE, ensayo Impact Echo</i>	29
<i>Figura 21: Simulación de sección transversal relativa basado en onda de transmisión en software WinIE, ensayo Impact Echo.</i>	29
<i>Figura 22: Formato para inventario predial.</i>	30
<i>Figura 23: Ubicación de acero sin estribo guía</i>	33
<i>Figura 24: Ubicación de acero con estribo guía</i>	34

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN PRÁCTICAS EN LA EMPRESA
KER INGENIERÍA SAS, EN CONSULTORÍA ESPECIALIZADA

AUTOR(ES): María Luisa Rodríguez Pertuz

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Sandra Rocío Villamizar Amaya

RESUMEN

El trabajo de grado presentado a continuación contiene una síntesis de las actividades desarrolladas durante la práctica en la empresa KER Ingeniería S.A.S. Tiene su enfoque en dos temas principales: Supervisión Técnica, donde se especifican las actividades y metodologías de seguimiento y control de obra; y Patología Estructural, donde se describen las utilidades y ventajas de los métodos no destructivos para la elaboración de ensayos de integridad y estabilidad estructural, y demás aplicaciones de la metodología no destructiva. Como aporte al conocimiento, se da una descripción de las buenas prácticas de construcción aprendidas durante el desarrollo de la práctica y su importancia para la durabilidad de la estructura y garantía de calidad.

PALABRAS CLAVE:

Supervisión técnica, patología estructural, ensayos no destructivos

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: AUXILIARY OF CIVIL ENGINEERING, PRACTICES IN THE COMPANY KER INGENIERÍA SAS, IN SPECIALIZED CONSULTANCY

AUTHOR(S): María Luisa Rodríguez Pertuz

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Sandra Rocío Villamizar Amaya

ABSTRACT

The thesis presented below contains a summary of the activities developed during an internship work at the company KER Ingeniería S.A.S. It focuses on two main topics: Technical Supervision, where activities and methodologies for monitoring and control of operations are specified; and Structural Pathology, which describes the utilities and advantages of non-destructive methods for the development of integrity and structural stability tests, and other applications of non-destructive methodology. As a contribution to knowledge, a description is given of the good construction practices learned during the course of the internship and its importance for the durability of the structure and quality assurance.

KEYWORDS:

Technical Supervision, Structural Pathology, non-destructive methodology

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. INTRODUCCIÓN

KER Ingeniería S.A.S es una empresa de consultoría especializada con enfoque en cinco áreas específicas: asesoría integral, revisión de diseños, supervisión técnica, patología estructural y sistemas de contención. La empresa opera con el fin de satisfacer los requerimientos y necesidades de sus clientes en edificación de infraestructura, cumpliendo con las expectativas de calidad y plazos.

La práctica empresarial en KER Ingeniería S.A.S tiene un enfoque integral pues, además de ofrecer la posibilidad de interactuar de manera directa y práctica con los proyectos, posibilita al practicante tener una estrecha relación con la normativa y los documentos técnicos que rigen y reglamentan tanto la construcción como la supervisión, garantizando así la integridad de los proyectos con los que se trabaja y manejando altos estándares de calidad.

Aunque las actividades a realizar abarcan un amplio rango, dependiendo de necesidades y alcance de cada proyecto en particular, se pueden dividir en dos grandes grupos: patología estructural y supervisión técnica. La patología estructural se dedica al estudio del comportamiento de las estructuras cuando presentan algún tipo de falla; para este fin, la empresa usa una metodología no destructiva que minimiza el impacto que se genera sobre los elementos al momento de realizar el análisis. Los métodos no destructivos, NDM por sus siglas en inglés, son usados para determinar las propiedades del concreto y evaluar su condición en cimientos profundos, edificios, pavimentos, presas y demás estructuras de concreto.

Estos métodos se usan principalmente para:

1. Control de calidad de estructuras nuevas
2. Solución de problemas con construcciones antiguas
3. Evaluación de la condición de concretos viejos para propósitos de rehabilitación estructural
4. Validación de la calidad de reparaciones sobre el concreto

Las ventajas de usar estos métodos sobre los convencionales van desde beneficios económicos en largos volúmenes, rapidez en la implementación y análisis de resultados, hasta una mayor garantía en el respaldo de calidad en cimientos y estructuras profundas.

Tradicionalmente, la forma de determinar la calidad de la construcción del hormigón ha sido por inspección visual y tomando muestras del mismo para realizar pruebas estándar en especímenes frescos y endurecidos. Este enfoque no proporciona datos sobre las propiedades in situ, datos que sí se pueden obtener con los métodos no destructivos, permitiendo determinar características como constantes elásticas, densidad, resistividad, humedad y características de penetrabilidad. A pesar de la ausencia de estándares de pruebas y comparación de muchos métodos, la implementación de los NDM ha tenido un aumento significativo y ese aumento ha impulsado el mejoramiento de los procesos, software y formas de aplicación.

Con la aplicación de estos métodos se puede obtener información como:

- Dimensiones del elemento
- Ubicación de la fractura, fisura o desprendimiento
- Grado de consolidación, presencia de vacíos y hormigueos
- Localización y calibre del acero de refuerzo
- Presencia de corrosión en el refuerzo
- Resistencia del concreto, entre otros

En la empresa KER Ingeniería se manejan 3 de los ensayos de la metodología no destructiva: Sonic Echo, Impact Echo, y Ultrasonic Pulse Velocity. Cada uno responde a una necesidad particular como se especifica a continuación:

Sonic Echo [1]:

El ensayo Sonic Echo consiste en una prueba de integridad de baja tensión conducida desde la superficie, como es definido por su desarrollador. Está compuesto por un martillo, un acelerómetro y un receptor. El procedimiento consiste en golpear la parte superior del elemento con el martillo para generar una onda de energía que viaja a través de la cimentación. La vibración de la onda saca a relucir irregularidades (grietas, fracturas, intrusiones de suelo, vacíos) en el fondo de la cimentación o en cualquier punto de la misma, mientras viaja hasta el fondo y se devuelve. El receptor mide la respuesta de la vibración recibida en cada impacto. Con esto se puede identificar y analizar datos recibidos de tiempo, dirección y amplitud de las ondas medidas in situ (ver Figura 1).

El equipo cuenta con filtros que eliminan ruidos y vibraciones externas para que la onda viaje en un espacio limpio y pueda dar una imagen del interior del elemento. En caso de haber problemas con la transmisión de ondas el programa notificará para evaluar las posibles fallas.

Las aplicaciones más comunes son la determinación de longitud y ubicación de grietas o defectos en las cimentaciones. Este método es utilizado normalmente para acreditaciones de calidad, evaluación de condición y pruebas forenses de pilotes y cimentaciones profundas.

La profundidad de onda (P) es calculada multiplicando el tiempo de viaje de la onda (t) por la velocidad de onda (V) y dividiendo ese resultado en 2 para compensar el hecho de que la onda viaja hasta el fondo y se devuelve ($P = V \cdot t / 2$).

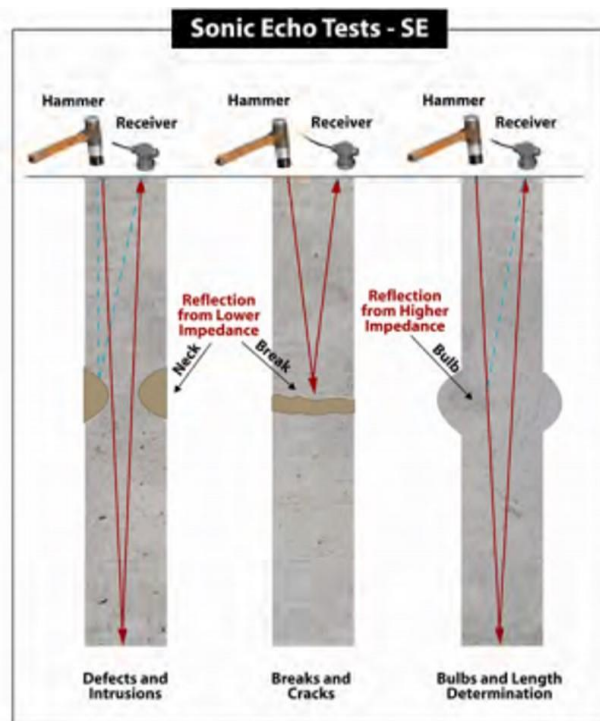


Figura 1: Principio del método Sonic Echo

Fuente: System Reference Manual, Sonic Echo (SE), Olson Instruments [1].

Impact Echo [2]:

Este ensayo consiste en determinar la condición y espesor del concreto (o elemento estructural que se evalúe) cuando se quiere determinar la presencia o no de vacíos, hormigueros, fracturas o grietas. También es utilizado para predecir la resistencia del concreto en edad temprana (o avanzada) en caso de tener espesor conocido. Suministra información de la ubicación del defecto en un mapeo generado a lo largo del elemento.

Para el desarrollo del ensayo se usa un martillo cuyo impacto genera ondas que van a viajar a través del elemento y se van a reflejar sobre la superficie evidenciando discontinuidades en el interior de la estructura. La respuesta es tomada por el receptor ubicado en el punto de impacto y los datos de vibración, longitud, velocidad y tiempo de viaje de onda son codificados en un controlador para su posterior análisis e interpretación (Ver Figura 2).

Para la implementación de este método se requiere condiciones favorables en la superficie sobre la que se va a hacer la prueba, superficies lisas y limpias para ubicar los receptores y para que el impacto que se hace con el martillo para la generación de onda se produzca de manera uniforme y homogénea.

Es normalmente aplicado a evaluación de vigas, placas, presas de concreto, etc., y se usa para determinar la homogeneidad del elemento y con base en los resultados emitir conceptos sobre el

estado del mismo. Una de las ventajas de este método es que solo se hace necesario el acceso a una de las superficies del elemento ya que por el principio que utiliza, la onda determina el espesor del elemento y el equipo cuenta con la doble función de generador y receptor de onda.

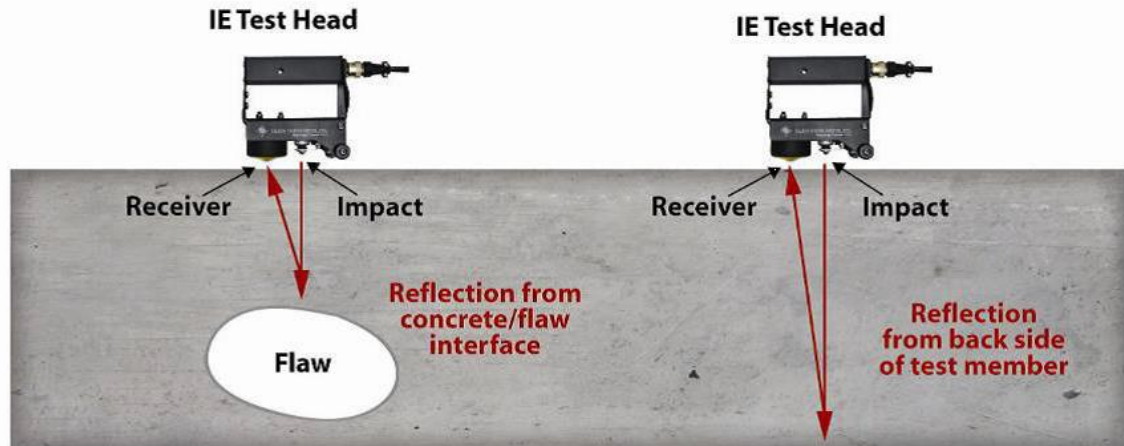


Figura 2: Principio Impact Echo

Fuente: System Reference Manual, Sonic Echo (SE), Olson Instruments [2].

Ultrasonic Pulse Velocity [3]:

Este método está diseñado para identificar vacíos, hormigueros, fracturas y otros defectos que se pueden presentar sobre las estructuras a través de un mapeo interno. Adicionalmente, permite conocer resistencias en edades tempranas (o avanzadas) del concreto. Su implementación consiste en ubicar los instrumentos de fuente y recepción en cada lado del área en cuestión, así la fuente genera una onda de compresión que viaja a través del elemento hasta el receptor ubicado al otro lado del elemento (ver Figura 3). La ubicación de estos instrumentos va a responder a la necesidad del ensayo. De esta manera se ajusta el área de estudio según sea requerido. Funciona con ondas de compresión que son generadas por fuentes con frecuencias de resonancias específicas (en un rango entre 50 y 150 kHz). El objetivo de la generación de ondas es dar una imagen 3D del interior del elemento, simulando un mapa para determinar posibles defectos dentro de la estructura.

Su aplicación generalmente corresponde a la evaluación de vigas, columnas, muros de formas irregulares o complejas para determinar la presencia o no de grietas, vacíos, hormigueros, etc, basados en la velocidad, longitud de onda y demás propiedades dadas por los datos tomados in situ.

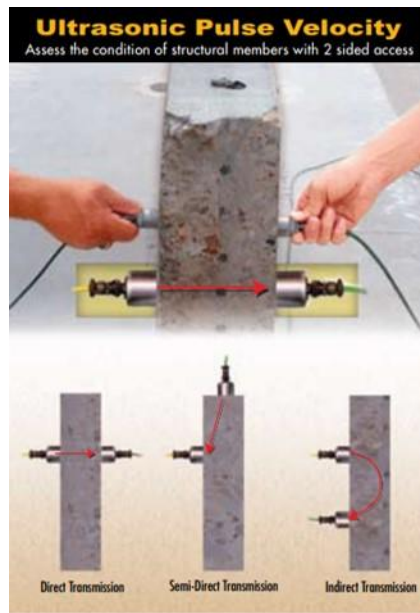


Figura 3: Principio Ultrasonic Pulse Velocity

Fuente: System Reference Manual, Sonic Echo (SE), Olson Instruments [3].

En cuanto a la supervisión técnica, desde su reglamentación en la ley 400 de 1997 (para áreas construidas mayores a 3000m²) [4], se ha venido normativizando su aplicación. Para la ejecución de esta actividad en los proyectos es fundamental el cumplimiento de la normativa ya que su objetivo es estandarizar los procesos para así poder garantizar el cumplimiento de los requerimientos no solo de los planos y especificaciones de diseño sino también con los requisitos sismo-resistentes bajo los que está regida la construcción en Colombia.

El objeto principal de la supervisión técnica es el de velar por el buen desarrollo técnico y controlar los procesos desde la fase de diseño hasta la ejecución en obra, con el fin de optimizar la labor de la construcción y evitar inconvenientes atribuidos a las malas prácticas de construcción o a procesos o diseños incompletos. Consecuentemente, esta labor debe ser desempeñada por personal calificado y acorde a la normativa vigente para propender por la seguridad de las estructuras.

La supervisión se lleva a cabo a través del acompañamiento permanente y secuencial a las actividades de obra, desde la parte operativa y de ejecución hasta la revisión de diseños y acompañamiento administrativo en control de resultados y avances. La comunicación entre el equipo de supervisión técnica y el equipo ejecutor debe ser constante y efectiva. Normalmente se hace a través de los comités de obra, cuya periodicidad se define según la necesidad de la etapa que se esté llevando a cabo y cada recomendación, memorando, o control de ejecución se debe dejar evidenciado en documentos físicos que soporten las comunicaciones y avances.

El alcance de la supervisión se encuentra contemplado en la NSR-10 Título I y allí mismo se definen obligaciones y requisitos para su desarrollo [5].

Este informe presenta las actividades realizadas durante el proceso de práctica empresarial. Su contenido describe el proceso y los aportes que dejaron cada una de dichas actividades. Consta de dos enfoques principales, patología estructural y supervisión técnica, que fueron los temas sobre los que más se profundizó y los de mayor aprendizaje durante el período de la práctica.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar acompañamiento en procesos de consultoría especializada en los proyectos desarrollados por la empresa KER Ingeniería S.A.S

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar y conocer la normativa concerniente a cada proceso y actividad que se desarrolle.
- Manejar y conocer los paquetes de software especializados (WinIE, WinUPV y WinSEIR) para los análisis de los estudios de patología estructural de ensayos no destructivos.
- Apoyar el trabajo en el área de asesoría integral en la construcción, en el seguimiento y control de los procesos por medio de la elaboración de informes.
- Apoyar el trabajo en el área de supervisión técnica con el seguimiento y control de los proyectos ejecutados y en ejecución por medio de la elaboración de informes y documentos técnicos.
- Apoyar el trabajo en el área de patología estructural, en ensayos no destructivos para la interpretación y análisis de la información de los estudios que se realicen en los proyectos de la empresa.
- Apoyar el trabajo en el área de Geotecnia en Sistemas de Contención, en análisis de información, preparación de documentos técnicos e informes, para los proyectos de la empresa.

3. GLOSARIO

- Esclerometría: Este procedimiento cubre la determinación del número de rebote del concreto endurecido usando un esclerómetro. El procedimiento es aplicable para determinar la uniformidad del concreto en sitio, delinear regiones en una estructura de una calidad menor o con el concreto deteriorado, y estimar la resistencia en el sitio. [6]
- Impact Echo: Ensayo no destructivo que usa como principio un receptor adyacente al punto de impacto que supervisa la llegada de la onda de esfuerzo a medida que experimenta múltiples reflexiones entre la superficie y el lado opuesto del miembro en forma de placa - o de defectos internos. El análisis de frecuencia permite la determinación de la distancia al reflector si se conoce la velocidad de la onda; Su aplicación permite localizar una variedad de defectos dentro de elementos concretos tales como delaminaciones, vacíos, o medir el espesor del elemento [2].
- NDTs Nondestructive testing – Ensayos no destructivos: Pruebas para determinar la calidad de los concretos y la estabilidad e integridad de las estructuras, sin causar ningún tipo de daño significativo a la estructura ensayada, ni ocasionar pérdida en la capacidad resistente del elemento [7].
- Sonic Echo: Ensayo no destructivo que utiliza como principio un martillo de impacto en la superficie y el receptor de los monitores refleja la onda de tensión. Analiza el dominio del tiempo utilizado para determinar el tiempo de viaje. Su aplicación permite determinar la longitud de los cimientos profundos (pilotes y muelles); y determinar la localización de grietas [1].
- UPV (Ultrasonic pulse velocity): Ensayo no destructivo que tiene como principio medir el tiempo de recorrido de un pulso de ondas ultrasónicas sobre una longitud de trayecto conocida; y su aplicación determina la condición relativa o la uniformidad del hormigón basándose en la velocidad del pulso medida [3].
- LEAN Construction: Construcción sin Pérdidas, es un enfoque dirigido a la gestión de proyectos de construcción. Este enfoque maximiza el valor y minimiza las pérdidas de los proyectos, mediante la aplicación de técnicas orientadas al incremento de la productividad de los procesos de construcción [8].
- NTC 454: Norma Técnica Colombiana. Indica sobre los procedimientos para la realización de muestras representativas de concreto fresco, condiciones de entrega y de la zona de toma. Tiene como objetivo estandarizar los requisitos de toma, entrega y transporte de muestras para la validez de sus resultados. Está basada en la norma ASTM c172-10 [9].

4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

KER Ingeniería S.A.S nace como un proyecto del Ing. Carlos Eduardo Ruiz Navarro para proyectar su vida; tiene sus inicios en 2011 en la ciudad de Bucaramanga, donde se localiza su sede principal. La empresa cuenta con cinco áreas de servicio: Asesoría Integral, Revisión de Diseños, Supervisión Técnica, Patología Estructural y Sistemas de Contención. Está vinculada a la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, American Concrete Institute, Capítulo Colombia, Sociedad Santandereana de Ingenieros y Camacol, Santander.

Actualmente la empresa tiene presencia en proyectos como Bonum de Mardel en Bucaramanga, Samaria en la ciudad de Santa Marta, Torres de Alicante en el municipio de Girón, y en otros 22 proyectos ubicados en 11 ciudades del país. La Figura 4 muestra los principales clientes de la Empresa.



Figura 4: Principales Clientes de la empresa KER Ingeniería.
Fuente: página web de la empresa, <http://keringeneria.com/#clientes>

La estructura organizacional de la empresa se ilustra en la Figura 5. Mi posición de auxiliar de ingeniería soporta las diferentes áreas de trabajo de la empresa.

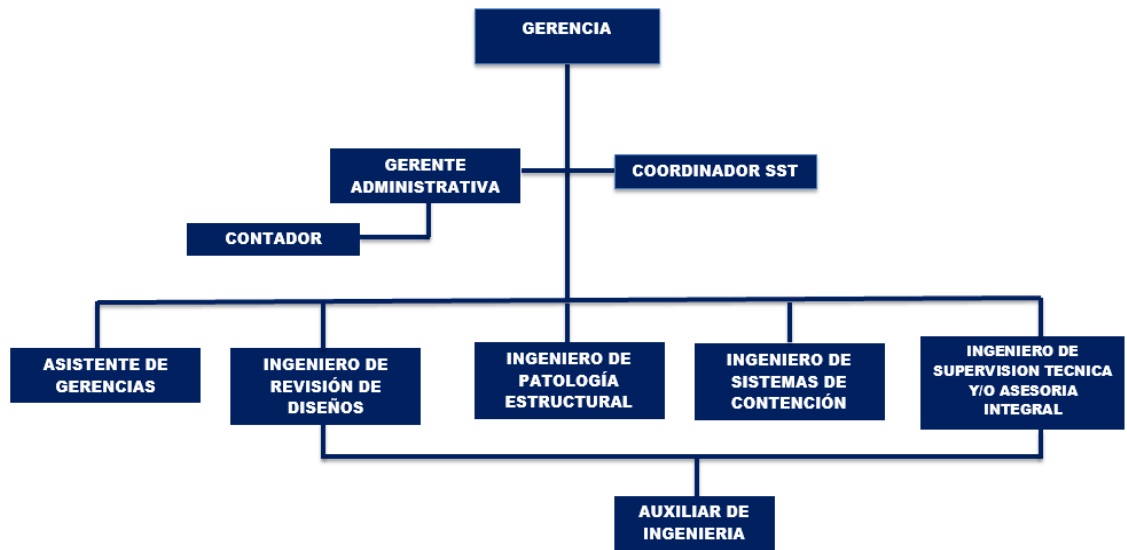


Figura 5: Estructura organizacional de la empresa.
Fuente: autor

5. DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS

Supervisión técnica en la obra Gran Alicante.

- Constructora: Fénix Construcciones S.A.
- Ubicación: Carrera 29A calle 34A del municipio de Girón, departamento de Santander.
- Modalidad de Obra: Obra nueva en suelo urbano para uso residencial/comercial
- Descripción del proyecto: Construcción de dos torres de apartamentos de 20 pisos y una torre de parqueaderos de 7 niveles distribuidos en 5 pisos y 2 sótanos.



Figura 6: Render Gran Alicante

Fuente: Fénix Construcciones S.A., tomada de: <http://www.fenixconstrucciones.com/gran-alicante-presentacion/>

Apoyo en la supervisión técnica - Edificio Monza 23

- Contratante: Inacar Constructora
- Ubicación: Carrera 23 entre calles 35-36, Bucaramanga, Santander.
- Descripción del proyecto: Construcción de una torre de 22 niveles distribuidos en 18 pisos de vivienda, 1 piso para área social y 3 sótanos.



Figura 7: Render Monza 23

Fuente: Inacar constructora, tomada de: <http://inacar.co/propiedad/monza-23-bucaramanga/>

Supervisión técnica en etapa de acabados obra Bonum de Mardel

- Constructora: Constructora Mardel S.A.
- Ubicación: Calle 44 #34-74, Bucaramanga, Santander.
- Modalidad de Obra: Obra nueva en suelo urbano para uso residencial
- Descripción del proyecto: Construcción de una torre de 32 pisos distribuidos en 4 niveles de parqueaderos y 27 niveles entre zona residencial y zona social.



Figura 8: Render Bonum de Mardel

Fuente: Constructora Mardel S.A, tomada de: Youtube - Video Bonum de Mardel Video 1

Inventario predial para actas de vecindad

- Contratante: Constructora Mardel S.A.
- Ubicación: Carrera 27 con calle 36, Bucaramanga, Santander. Lote COLTABACO
- Descripción del proyecto: Realización del inventario predial para la elaboración de Actas de Vecindad, correspondiente al proyecto ubicado en el lote de las antiguas instalaciones de

COLTABACO. La zona inventariada hace referencia a las 8 manzanas aledañas al predio, manzanas comprendidas entre Calles 34 – 37 y Carreras 25- 28.

Apoyo en la elaboración del Informe de estudio de patología y estabilidad estructural en edificación - Edificio Azalia

- Contratante: Sociedad Santandereana de Ingenieros
- Ubicación: Calle 112 # 20 - 53, barrio Provenza, Bucaramanga, Santander.
- Descripción del proyecto: Análisis de la patología estructural de las instalaciones del edificio Azalia. El edificio consta de 22 niveles de altura (incluidos 2 sótanos).

Apoyo en el análisis de datos de ensayos de integridad estructural para validación de construcción - Sonic echo e Impact echo – Edificio Los Arrayanes

- Contratante: Cemex Colombia S.A.
- Ubicación: Calle 21 # 29 B- 99, Ciudad rodeo en el corregimiento El Rodeo, Municipio de Cúcuta, Norte de Santander (Km 58 anillo vial occidental)
- Descripción del proyecto: Evaluación de integridad estructural para la validación de la construcción del edificio Los Arrayanes.

6. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

6.1 ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN TÉCNICA:

Durante la práctica empresarial estuve desempeñando labores de supervisión técnica en 3 de los proyectos de la empresa, y en cada uno tuve la oportunidad de estar en diferentes etapas: estructura, acabados y elementos no estructurales. Entre las actividades desarrolladas en la etapa de estructuras se encuentran desde la revisión y seguimiento de planos hasta la supervisión en campo de los armados de los elementos y verificación general de los avances de la obra, constatando que estuviera acorde a los planos y especificaciones adicionales (por ejemplo: verificar que los armados estructurales cumplieran con la cantidad de barras, que los diámetros fueran los correctos, las separaciones entre estribos fueran las estipuladas, y en general que los armados en obra correspondieran a las especificaciones dadas en los planos).

Apoyé a la empresa en el seguimiento y control de los procesos de fundida de muros y pantallas, escaleras, placas de entepiso, y demás elementos que así lo requirieran, asegurando que los procesos de vibrado y colocación del concreto fueran implementados acorde a la norma y reglamentación correspondiente (Ver figura 9). También tuve que verificar que la toma de muestras de concreto fueran elaboradas y tratadas cumpliendo con la NTC 454 [9] y que los resultados de las mismas fueran controlados y monitoreados para llevar un seguimiento de la calidad del concreto; de la misma manera, tuve que verificar que para los casos en que no se cumpliera con la resistencia de diseño, se tomaran las medidas correspondientes para no comprometer la estabilidad de la estructura.

De la misma manera, acompañé los procesos de toma de medidas de las dimensiones de los apartamentos antes y después de ser fundidos para asegurar que las medidas de cada espacio coincidieran con los planos. Durante este proceso se verificó aplome y espesores de los encofrados para garantizar el cumplimiento de los requerimientos.

Este proceso de verificación lo hice mediante acompañamiento continuo a la obra y en cada avance durante el tiempo de la práctica empresarial (ver figura 10), soportando los procedimientos y avances mediante formatos de cumplimiento e informes tanto para la empresa como para el cliente.

Seguimiento a procesos de
fundida:



Seguimiento a procesos de armados estructurales:

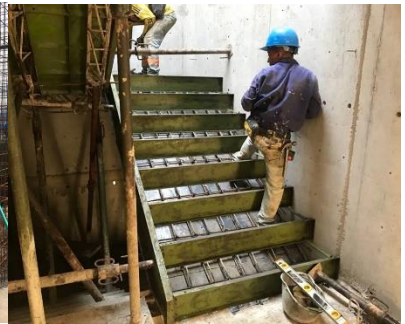


Figura 9: Actividades sobre las cuales se hizo seguimiento. Proyecto: Gran Alicante.
Fuente: autor.



AGO-2017



NOV-2017



DIC-2017

Figura 10: Avance de obra Gran Alicante.
Fuente: autor.

En la etapa de elementos estructurales de los proyectos el seguimiento y control se enfocó en la verificación de la mampostería. Mi trabajo en esta etapa fue verificar las características de los ladrillos, morteros de pega, dovelas y elementos embebidos. Todos estos debían corresponder con las

proporciones y lineamientos correspondientes. En este proceso también se verificaban las dimensiones de los espacios durante y después del levantamiento de los muros, además de traslapes de dovelas o ubicación de mallas de refuerzo según fuera el caso (ver Figura 11). Un punto que requirió especial atención durante estas actividades fue el supervisar que las proporciones de los morteros de pega cumplieran con la dosificación estipulada y que la cal fuera implementada para mejorar sus características.



Figura 11: Seguimiento a levantamiento de muros en mampostería. Proyecto: Monza23.
Fuente: autor.

Para la etapa de acabados, las actividades desempeñadas obedecían a evaluaciones de los apartamentos previamente a la entrega y en varias etapas, una primera etapa donde se identificaban los pendientes de cada espacio y de cada ítem, fuera perfilería, muebles, pintura o resanes en general para que dichos pendientes fueran atendidos por el personal correspondiente, y posteriormente se procedía a la etapa de evaluación final del espacio donde se verificaba que los acabados del apartamento fueran los acordados y así, expedir el certificado de ocupación donde se constata que el inmueble cumple con los requerimientos y está listo para la entrega al cliente.

Las herramientas utilizadas para llevar a cabo este proceso fueron el seguimiento a través de un registro fotográfico, que posteriormente era adjuntado y detallado en el informe diario y el acompañamiento permanente a las actividades supervisadas, es decir, presencia continua durante los procesos de fundida y toma de medidas, levantamiento de muros, etc. A través de formatos de ejecución de obra, revisión de diseños, formatos de cumplimiento y reuniones periódicas para tratar temas de mejoras y falencias.

Los formatos de ejecución de obra obedecen a un listado de actividades y procedimientos específicos para cada etapa del proyecto, esta herramienta facilitó la revisión ya que establecía los puntos y requisitos normativos con los que debía cumplir cada actividad, y de esta manera no solo pude como

supervisar el avance correctamente sino que también logré llevar un control detallado de los procedimientos implementados y así evaluarlos y buscar mejoras y formas de optimizar el trabajo.

Los formatos de cumplimiento, al igual que los de ejecución, abordan un procedimiento por actividad, pero en este caso iba más enfocado a las actividades complementarias y al tiempo en el que son ejecutadas, por ejemplo, si la actividad era levantamiento de muro en mampostería, con el formato de ejecución chequeaba únicamente el proceso de levantamiento (traba de ladrillos, especificación de ladrillo, ubicación de dovelas o malla ram, mezcla de pega, etc), mientras que en con el de cumplimiento verificaba que las actividades previas y posteriores se ejecutaran correctamente y adicionalmente en un tiempo aceptado, continuando con el ejemplo del muro, aquí revisaba actividades de replanteo y ubicación, plomos guía, mediciones espaciales después de terminado el muro, que las dilataciones quedaran ubicadas en el lugar que era, etc.

Cuando se presentaba alguna anomalía en los procesos o se hacía alguna recomendación, se expresaba verbalmente al personal responsable y además se plasmaba en el informe para reforzar el comunicado verbal y así hacer seguimiento en el cierre de pendientes constructivos, de esta forma quedaba registro de la irregularidad encontrada y se podían tomar acciones correctivas oportunamente.

De todas las actividades mencionadas anteriormente se llevaba seguimiento y control diario, semanal y mensual a través de la elaboración de informes, donde se especificaban las actividades supervisadas y el avance diario de la obra además de los requerimientos y recomendaciones de las falencias o inconformidades que fueran encontradas, para que fueran atendidas de forma oportuna y asertiva, garantizando la calidad de cada procedimiento y dando al constructor, un respaldo efectivo y responsable.

6.2 ACTIVIDADES DE PATOLOGÍA ESTRUCTURAL:

En la sección de Patología estructural el desarrollo de actividades consistió en la toma, análisis e interpretación de datos para la determinación del estado de las estructuras y elementos sobre los que se realizó el estudio. Este procedimiento de evaluación de estructuras es aplicada únicamente usando la metodología no destructiva previamente mencionada (NDM). A pesar de haber una gran variedad de métodos y ensayos, en la empresa actualmente se implementan 3: Sonic Echo, Impact Echo y Ultrasonic Pulse Velocity por lo que en este informe se hará énfasis sobre estos tres métodos y su desarrollo. La finalidad y el énfasis de los ensayos dependía específicamente del objeto por el que fue contratado el servicio, por lo que no se puede describir una metodología específica, sin embargo, se puede hacer un procedimiento general aplicable para cada uno de los métodos (NDM) practicados por la empresa.

A partir de mi experiencia durante la práctica y los procesos en los que participé, identifiqué los puntos en común para la aplicación de los ensayos, y basada en esto elaboré una pequeña metodología (general) para la explicación de la actividad, como se explica a continuación:

1. Evaluación inicial:

El punto de partida para cada ensayo fue identificar el elemento y determinar las características físicas que fuera posible (ancho, alto o rugosidad según fuera el caso)(ver figuras 12 y 13), y así tener una idea del alcance para definir la cantidad de puntos sobre los que se harían las pruebas y la ubicación aproximada de los mismos, estas mediciones fueron tomadas con la ayuda de un flexómetro y consignadas en un formato elaborado por la empresa para registrar los datos de cada estudio.

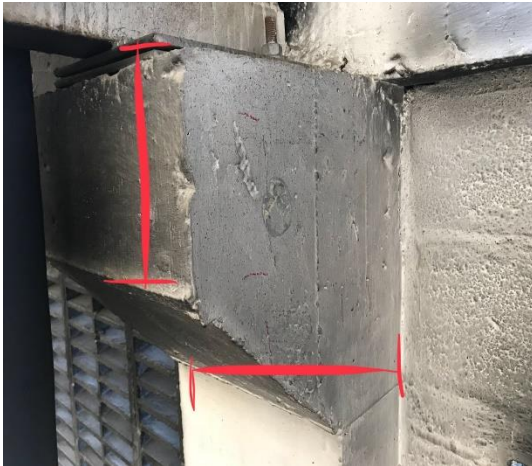


Figura 12: Dimensiones conocidas de los elementos

Fuente: autor.



Figura 13: Evaluación inicial de división en tramos para aplicación de pruebas

Fuente: autor.

2. Escáner:

El paso a seguir consistía en determinar la presencia de aceros o elementos embebidos en la estructura de concreto y su ubicación (ver figura 14). Esto a través de un escáner especial, que además de puntualizar la ubicación de los aceros, permite conocer características como diámetro, calibre y estado. Para la aplicación de este escáner era necesario únicamente ingresar datos que se podían obtener de la evaluación inicial del elemento in situ, por lo que facilita la ejecución ya que no siempre se tiene el detalle de las especificaciones constructivas o la información interna del elemento y proceder a pasarlo sobre la zona en estudio para determinar la presencia de dichos aceros (ver figuras 15, 16). La importancia de este escaneo previo radica en que como los ensayos van orientados a la evaluación del concreto y se aplica puntualmente, es fundamental que se haga sobre zonas netamente de hormigón para disminuir el rango de error y que el resultado esté cercano a las propiedades reales del elemento.

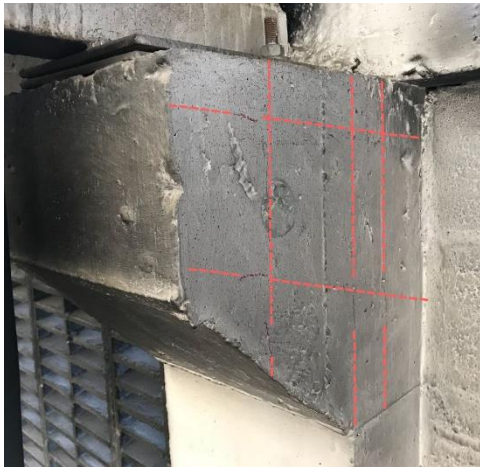


Figura 14: Dimensiones conocidas de los elementos
Fuente: autor.



Figura 15: Implementación de escáner
Fuente: autor.



Figura 16: Escáner Profometer PM-650.

Fuente: Catálogo Proseq. Disponible en: <https://www.proceq.com/es/compare/medidores-de-cobertura-y-medidor-de-recubrimiento/>

3. Aplicación del método:

Ya teniendo marcada la ubicación del acero en las zonas donde se va a aplicar el ensayo y evaluado el elemento, lo siguiente era ubicar los receptores y acelerómetros del equipo y operarlo, dependiendo de los datos que se necesitara se seleccionaba y preparaba el controlador para la toma de datos. Por cada punto eran mínimo 3 tomas de datos y por cada elemento 3 puntos (ver figura 17); aunque algunas normas recomiendan 10 tomas, algunos estudios demuestran que con 3 ya se pueden determinar las características predominantes de cada elemento, claro está que de necesitar propiedades muy detalladas ese número puede variar. Por la dificultad de acceso en algunos puntos donde se realizaron los estudios, fue necesario que se realizara con dos personas, por lo que en este punto particular, apoyé al ingeniero ya fuera con la ubicación de los acelerómetros o manejo del operador para facilitar la actividad.



Figura 17: Ubicación de puntos para implementación de pruebas
Fuente: autor.

Es importante enfatizar en que antes de operar el equipo y ubicar los acelerómetros se debe hacer la calibración de los instrumentos, y dicho procedimiento se repita cada vez que se encienda el controlador, ya que en movimientos de traslados y reubicaciones se puede perder la calibración de los dispositivos y al ser métodos y ensayos certificados que van a dar un consolidado del estado de la estructura es primordial que cada procedimiento cumpla con las normas y requerimientos de los equipos para dar informaciones certeras y verídicas.

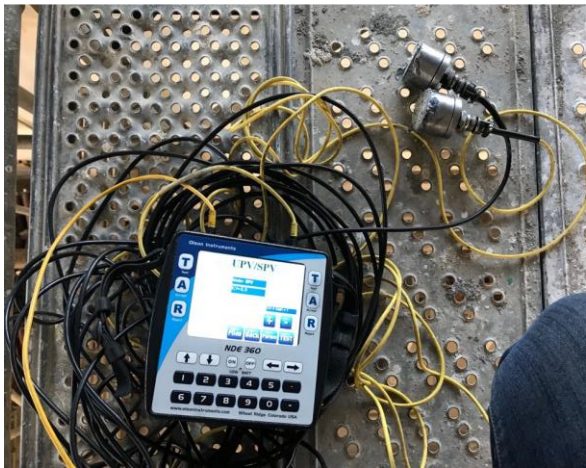


Figura 18: Controlador. Equipo de ultrasonido y acelerómetros ensayo UPV.
Fuente: autor.



Figura 19: Equipo de ultrasonido
Fuente: Olson instruments.

El controlador del equipo (ver figuras 18, 19) cuenta con un sistema interno que almacena los datos tomados y los codifica. Dichos datos son los que posteriormente se pasan a los computadores o equipos donde se leen e interpretan con ayuda de los software WinIE, WinSEIR o WinUPV según sea el caso.

Lo que se ve en el software es, principalmente, la trayectoria de la onda a través del elemento y la continuidad y velocidad de la misma (ver figuras 20, 21). Con esta representación se puede determinar la integridad y continuidad del elemento. Los cambios de velocidad o discontinuidades de onda dejan en evidencia vacíos u hormigueros que van generando una radiografía de la constitución del elemento. Además de medidas estimadas de las dimensiones del elemento que se corroboran con las tomadas in situ.

En los software se traducen los datos y se materializa la información, los datos ingresan en un formato .nde (extensión propiedad de los Olson Instruments) y son exportados en formato .xls en documentos de Excel generados automáticamente y que se van alimentando a medida que se trabajan los datos sobre el software. Ese último documento es el que representa las propiedades y atributos del elemento. Aquí fue donde aprendí el manejo de los paquetes de software y donde a través de ellos pude realizar la interpretación de los datos para entender cómo estaba la estructura.

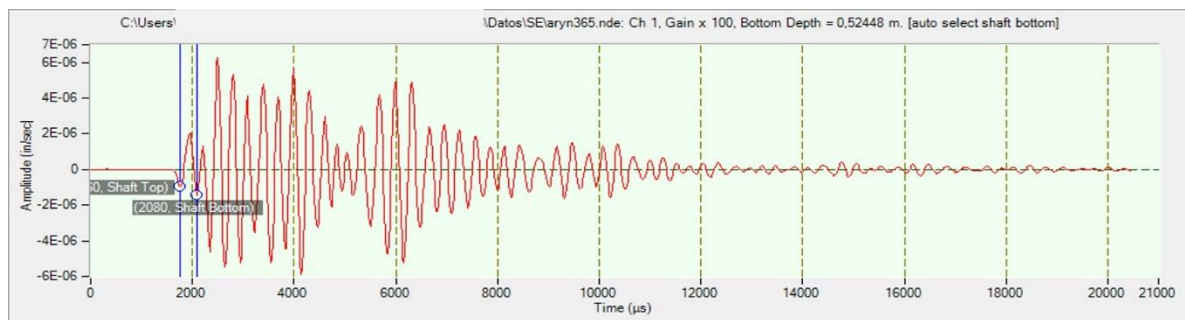


Figura 20: Simulación de onda de transmisión en software WinIE, ensayo Impact Echo

Fuente: autor.



Figura 21: Simulación de sección transversal relativa basado en onda de transmisión en software WinIE, ensayo Impact Echo

Fuente: autor.

4. Elaboración de informes

Con base en ese último documento se construye el concepto técnico sobre el estado y propiedades de la estructura. Y se complementa con información adicional de importancia para el cliente, además de un informe de las actividades realizadas, resultados, análisis y recomendaciones. Para la

elaboración y entrega de estos informes mi papel consistió en un apoyo en la estructura del documento y un boceto inicial sobre el concepto arrojado por el análisis sobre la estructura, sin embargo ese boceto era complementado y ajustado por el ingeniero supervisor quien era finalmente quien emitía una respuesta final.

6.3 APOYO AL INVENTARIO PREDIAL:

Durante el desarrollo de la práctica, hice parte de un proyecto cuyo objeto era la realización del inventario predial de la zona de influencia del lote COLTABACO. Para el desarrollo de esta actividad conté con el apoyo de una ingeniera supervisora con quien hice las visitas a la zona y posteriormente la toma de datos. Al inicio de este proyecto y al dimensionar la cantidad de datos que se necesitaban, propuse un modelo en Excel que fue aceptado (ver Figura 22) y sobre el cuál hicimos el desglose de la información.

Número de la manzana										
Ubicación										
Pedio	Dirección	Uso	No. Pisos	No. Aptos por piso	No. Predios	No. Sótanos	No. Locales	Local Comercial	Dirección del Local	Observación

TOTAL PREDIOS	
TOTAL SÓTANOS	

Figura 22: Formato para inventario predial

La metodología utilizada consistió en una visita en campo a cada una de las manzanas comprendidas en la zona de influencia para la recolección de la información, sin embargo, en zonas donde era difícil obtener esta información por simple observación, se recurrió a preguntar en porterías o propietarios para complementar los datos y entregar un informe certero y real de las edificaciones aledañas al lote del proyecto. Las herramientas utilizadas fueron: registro fotográfico, formatos para diligenciar la información y por último, un informe resumen de los datos recolectados.

7. APOORTE AL CONOCIMIENTO

7.1 PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

El estudio de patologías estructurales fue uno de los puntos de mayor aprendizaje, no solo por el amplio campo de aplicación si no por las numerosas ventajas que ofrece. La patología estructural como estudio permite conocer el comportamiento y las características internas de una estructura. La mayor aplicabilidad la tiene destinada a la evaluación de estructuras que presentan algún tipo de falla, y por medio de estudios y ensayos da a conocer qué tan grave puede llegar a ser esa falla; es como una radiografía de la estructura para determinar su estado y evaluar las posibles causas del problema, y a partir de esos datos solucionar de la forma más adecuada. Sin embargo no solo se hace para determinar fallas, también permite evaluar estados de edificaciones funcionales para ampliaciones, remodelaciones, cambios de uso de las estructuras, rehabilitaciones, validaciones, entre otras.

Las patologías tienen múltiples divisiones y métodos de aplicación según el uso que se le vaya a dar, la clasificación más grande está en el tipo de metodología para la aplicación de ensayos: Ensayos destructivos y ensayos no destructivos, en el caso particular de la empresa KER Ingeniería únicamente se manejan ensayos no destructivos. Ambos métodos ofrecen resultados confiables y seguros, siempre y cuando se hagan con los equipos, certificaciones y metodologías pertinentes, sin embargo, la patología no destructiva es relativamente nueva en comparación con la destructiva, y esta al ser más comercial también significa un costo menor por el grado de especialización que requiere para los ensayos y su interpretación.

La patología estructural no destructiva permite conocer y estudiar al elemento sin alterar sus propiedades, estado y características físico-químicas, y a partir de ella se pueden conocer una infinidad de propiedades del elemento que, dependiendo la necesidad del estudio, se materializarán en los ensayos. El paso principal al solicitar una prueba de patología es determinar qué características se necesitan y a partir de esto, seleccionar los ensayos que permitan conocerlas ya que cada estudio tiene sus equipos y software especializados e independientes.

La destinación más frecuente de los estudios de patología está orientada hacia los elementos de cimentaciones profundas, donde no es fácil el acceso, además de losas, placas, muros. Sin sesgar los campos de aplicación de los NDM. Algunas de las aplicaciones más comunes responden a la determinación de densidades, resistencias, características de penetrabilidad, humedad y a partir de esto permite conocer dimensiones del elemento, ubicación de las fallas en caso de que las presente, grado de consolidación, la ubicación y tipo de acero de refuerzo, corrosión de ese acero, resistencia del concreto entre muchas otras.

Los datos obtenidos de los estudios de patología pueden llegar a ser muy provechosos, ya que la información obtenida permite conocer al elemento y dar un concepto técnico del estado del mismo.

Durante mi práctica empresarial tuve la oportunidad de conocer 3 de los ensayos de metodología no destructiva: Impact Echo, Sonic Eco y Ultrasonic Pulse Velocity; y aunque tienen aplicaciones similares, cada uno consta de particularidades que se acoplan mejor a ciertas necesidades o

disponibilidades en campo, se trata de aprender a diferenciar cuál es el método más apropiado y así sacar el mayor provecho de dichos ensayos.

De participar en este proceso comprendí la necesidad de las buenas prácticas de construcción, de que cada proceso cumpla con los requerimientos normativos y con las especificaciones de diseño para que los elementos una vez terminados puedan cumplir con la función para la que fueron diseñados. En muchos de los estudios realizados se encontraba que por recubrimientos pobres, estructuras a grandes profundidades en sus bases presentaban corrosión en el acero, o afectaciones por procesos químicos con el medio ambiente, o que por malos vibrados durante las fundidas quedaban vacíos importantes que eran el origen de las fisuras y pérdidas de resistencia, y esto solo por nombrar algunas de las situaciones con las que se encuentra en la práctica.

Pero no todo era encontrar defectos, también se hicieron estudios en edificaciones afectadas por incendios aledaños o sismos pequeños para evaluar la estabilidad de las estructuras y a partir de eso tomar decisiones de habitaciones, rehabilitaciones y mantenimientos. De un estudio que se hizo en una bodega que había sido alcanzada por un incendio de la edificación vecina se pudo validar la resistencia de las estructuras y evitar la demolición total. Se tuvieron que hacer unos reforzamientos en algunas zonas pero se rescató la totalidad de la estructura representando no solo un ahorro económico sino también en tiempo, ya que los resultados de estas pruebas no tardan mucho y permiten actuar sobre la marcha.

De esta sección en particular me queda un gran la interpretación de ondas para así entender la composición interna de un elemento me parece un punto de gran utilidad para mi vida profesional, ya que es el lenguaje en el que podemos entender las estructuras y sin necesidad de haber estado durante el proceso constructivo o diseños previos poder llegar a conocer información propia de la estructura para llegar a dar una validación o concepto técnico sobre el estado y funcionamiento abre todo un campo de posibilidades para estudios, rehabilitaciones, mejoras y mil avances más para la ingeniería.

7.2 SUPERVISIÓN TÉCNICA

De la parte de supervisión técnica quedan muchas enseñanzas y conocimiento que me permitirá más adelante tomar decisiones con criterio y solucionar los problemas que surjan en cualquier proyecto. Los imprevistos pueden ser minimizados con una buena programación y planeación, sin embargo, en una práctica tan diversa como la ingeniería civil, la eliminación de ese riesgo “aleatorio” es muy difícil. Sistemas como LEAN Construction orientados a minimizar las pérdidas y sistematizar las prácticas constructivas son algunas de las soluciones que se pueden implementar para minimizar en lo posible no solo pérdidas económicas sino también para optimizar el rendimiento de las actividades que comprenda el sistema.

Un punto a tener en cuenta durante la supervisión en el proceso de construcción de una edificación es la ubicación de las redes y las distancias mínimas entre ellas especificadas en la normativa colombiana para realmente ofrecer un servicio seguro, y evitar que los cruces o cercanías de las tuberías puedan a futuro representar una amenaza de cortos o escapes. Además de las distancias se debe verificar que los recubrimientos y los materiales de las tuberías sean los adecuados y se

encuentren verificados por el proveedor para garantizar no solo seguridad si no también durabilidad. Específicamente en la NTC 2505 - Instalaciones para suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales- en el numeral 5.1.1.2 se especifican las distancias mínimas de separación para tuberías embebidas diciendo que la conducción de agua caliente y conducción eléctrica en curso paralelo debe tener un distanciamiento mínimo de 3cm y en cruce de 1cm [10]. Son detalles que muchas veces se omiten en el diseño o por ser diseños independientes no cumplen con la reglamentación y es fundamental advertirlos y tomar medidas al respecto para reubicaciones o separaciones oportunas y evitar inconvenientes futuros.

Otro detalle a tener en cuenta durante la construcción es que durante las fundidas de elementos de tamaño considerable, las vibraciones y fuerzas pueden deformar la formaleta y los aceros y refuerzos embebidos (ver figura 23) por lo que se debe garantizar primero, un buen apuntalamiento de la formaleta para evitar deformaciones en los elementos y, segundo, que la posición del refuerzo que queda interno al elemento se garantice, para ayudar a mantener esos aceros se pueden tomar múltiples ayudas, si embargo, la propuesta hecha durante el proceso de práctica fue asegurar el recubrimiento lateral y vertical de los elementos con ayuda de distanciadores o “panelitas” de concreto y en la parte superior ubicar estribos guía como se observa en la figura 24, para que los movimientos externos durante las fundidas no deformaran ni afectaran los armados previos



Figura 23: Ubicación de acero sin estribo guía
Fuente: autor.



Figura 24: Ubicación de acero con estribo guía

Fuente: autor.

Es importante tener presente los procesos y tiempos de curado de los elementos para evitar la aparición de fisuras y grietas sobre placas y elementos verticales por la retracción del concreto. En la NSR-10 numeral C.5.11 se especifica que “... *el concreto debe mantenerse a una temperatura por encima de 10° C y en condiciones de humedad por lo menos durante los primeros 7 días después de la colocación...*” [5]. Esto con el fin de evitar fisuras y garantizar la obtención de propiedades del concreto mientras adquiere la resistencia esperada, además con esto se mejoran los acabados del elemento incrementando estándares de calidad que es lo que se quiere.

Otro punto importante es dar al tema ambiental un espacio y tenerlo en cuenta en el momento de planear y ejecutar el proyecto, buscar alternativas menos contaminantes con el entorno es a lo que le está apostando la construcción, no solo por la problemática ambiental actual si no porque sugiere un mejoramiento en las prácticas constructivas y una tecnificación de la estructura que por métodos de autosostenibilidad, reutilización de recursos, domótica, entre otros; representan un valor agregado para el servicio o bien que se está ofreciendo al cliente.

De todo este proceso me quedan mil enseñanzas para mi vida profesional y haber tenido un enfrentamiento a la práctica real de la profesión me permitió contextualizar y aterrizar muchos de los conceptos aprendidos durante el pregrado.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el tiempo del desarrollo de la práctica se ha cumplido de manera satisfactoria con el cronograma estipulado en el plan de trabajo, aprendiendo las metodologías de la empresa y teniendo un papel activo en el desarrollo de los proyectos de la misma. Sin embargo, por la reprogramación interna de una de las obras, no se pudo abarcar el tema de geotecnia en sistemas de construcción.

Se ha hecho un apoyo integral en las áreas de consultoría manejadas por la empresa, no solo con la elaboración de informes si no también con el análisis e interpretación de datos e información teniendo así un aprendizaje completo.

El manejo de formatos de cumplimiento de actividades facilita mucho la evaluación de los procesos constructivos en obra, y al tener su origen y lineamientos en las normas colombianas garantiza que la normativa correspondiente se aplique de manera adecuada y satisfactoria durante la ejecución de la obra.

La implementación de metodologías no destructivas significa una gran oportunidad de desarrollar estudios para conocer el elemento sin necesidad de afectarlo en la intervención, por lo que no disminuye sus propiedades de resistencia y continuidad al momento de aplicarle el ensayo.

Una de las ventajas más significativas de la aplicación de NDM es que los estudios se realizan in situ y una vez tomados los datos del elemento es la decodificación y posterior análisis el paso a seguir, evitando traslados de material y afectaciones a las propiedades físico-químicas del elemento.

El muestreo realizado con los equipos de metodología no destructiva ofrece un mapeo general de la estructura ya que al tener varios ($3\leq$) puntos de aplicación da una imagen general y no puntual de la composición de la estructura aumentando el nivel de precisión sobre el comportamiento integral de la misma.

Es indispensable que se tenga una supervisión técnica, sea interna o externa, durante los procesos constructivos en obra para garantizar el cumplimiento de las especificaciones y los estándares de calidad.

Es importante revisar constantemente y tener conocimiento de las normas que rigen los procesos constructivos ya que ahí se encuentran los parámetros mínimos de calidad para la aceptación de las estructuras y es alcance del supervisor técnico asegurar que se cumplan las especificaciones y requerimientos no solo de los planos si no también de la normativa vigente colombiana.

Es necesario hacer mantenimiento periódico a la formaleta no solo para retirar material de la superficie, sino también para evitar que por el uso constante la deforme y disminuya su vida útil y afecte la calidad del acabado estructural. Además es necesario la capacitación del personal para darle un uso adecuado a la formaleta en todos los procesos, desde ubicación hasta mantenimiento y retiro.

En la etapa de fabricación de elementos no estructurales o de mampostería es fundamental que por parte de la supervisión se haga una verificación de los detalles y especificaciones adicionales detalladas en los planos. Sea el caso de ubicación de malla ram o dovelas que refuerzan la estructura y además de brindarle estabilidad y resistencia son el refuerzo antisísmico del elemento.

En etapas de levantamiento de muros de mampostería es importante unificar los espesores de las brechas para garantizar la estabilidad y resistencia de los elementos. Es necesario tener presentes los criterios de aceptación y tolerancias admisibles para el recibimiento y visto bueno por parte del supervisor.

El almacenamiento de material en obra se debe hacer en un ambiente apto que asegure la conservación de propiedades de los elementos y se encuentre protegido de agentes externos corrosivos que puedan llegar a acelerar su oxidación o pérdida de propiedades químicas disminuyendo su durabilidad y vida útil.

Es importante prestar espacios para la capacitaciones del personal de obra ya que ellos son los encargados de desempeñar las labores constructivas, el brindarles las herramientas y el conocimiento mejora las prácticas de construcción y esto se va a reflejar en rendimientos mayores y cumplimientos de los estándares de calidad.

Las actividades planteadas en el plan de trabajo propuesto estuvieron orientadas a tener un papel activo durante los cuatro meses de práctica, para que con la experiencia y los conocimientos adquiridos se forje un crecimiento y un perfil de un profesional capaz de afrontar los retos de la ingeniería y de aportar en cualquier ámbito que se encuentre.

Durante la práctica empresarial logré dar un apoyo en las cinco áreas de servicio ofrecidas por KER Ingeniería y en los proyectos donde participé, tuve la oportunidad de desarrollarme integralmente aplicando conocimientos y aprendiendo a partir de la experiencia de mis compañeros, colaboradores y superiores y de la normativa de la que tuve que empaparme para desarrollar mi trabajo de la mejor manera.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Olson Instruments, System reference manual, Sonic Echo (SE), 2012.
- [2] Olson Instruments, System reference manual, Impact Echo (IE), 2012.
- [3] Olson Instruments, System reference manual, Ultrasonic Pulse Velocity (UPV), 2012.
- [4] Congreso de la República de Colombia, *Ley 400, Por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes.*, 1997.
- [5] NSR-10, Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010.
- [6] ASTM C805, Standart Ttest method for rebound number of hardened concrete, American Society for Testing and Materials, 2013.
- [7] 228.2R, American Concrete Institute, Report on nondestructive test methods for evaluation of concrete in structures, 2013.
- [8] LCE, Lean Construction Enterprise Manual, 2016.
- [9] N. 454, Ingeniería civil y arquitectura. Concreto fresco. Toma de muestras., ICONTEC, 2011.
- [10] N. 2505, Instalaciones para suministro de gas combustible a usos residenciales y comerciales., ICONTEC, 2006.
- [11] H. Muñoz, Construcción interventoría y supervisión técnica de las edificaciones en concreto estructural según el reglamento colombiano NSR-10, Primera ed., Asocreto, 2015.
- [12] ASTM C 805, Standart test method for rebound numer of hardened concrete., American Society for Testing Materials, 1997.
- [13] H. Muñoz, Construcción, Interventoría y Supervisión Técnica de las Edificaciones en Concreto Estructural según el Reglamento Colombiano NSR-10, Bogotá, D.C: Asocreto, 2015.