

AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA EMPRESA CASALINDA S.A PARA DESARROLLAR  
ACTIVIDADES TÉCNICAS EN EL PROYECTO URBANÍSTICO CENTRAL PARK EN EL  
MUNICIPIO DEL SOCORRO.

José Manuel González Aguillón

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Luis Alberto Capacho Silva

Ingeniero Civil, M.Sc

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2026

**Tabla de Contenido**

Introducción .....	10
1. Objetivos.....	13
1.1 Objetivo General.....	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Marco teórico.....	14
2.1 Urbanismo.....	14
2.2 Proyecto urbanístico.....	14
2.3 Redes de servicios públicos domiciliarios .....	14
2.4 El Movimiento de tierras .....	15
2.5 Los procesos de planificación y control.....	17
2.6 Densidad del terreno .....	18
2.7 Grado de compactación.....	19
2.8 Levantamientos Topográficos.....	19
2.8.1 Replanteos Topográficos .....	19
2.9 Densidad Seca.....	20
2.10 Método del Cono y Arena.....	20
2.10.1 Frasco .....	21
2.10.2 Embudo metálico.....	21
2.10.3 Placa de base.....	21
2.10.4 Arena .....	22
2.10.5 Balanza .....	22
2.10.6 Equipo para el secado.....	22
2.10.7 Equipo misceláneo.....	22
2.11 La cimentación.....	23

3.	Contexto de la organización .....	24
3.1	Misión .....	24
3.2	Visión .....	25
3.3	Política de calidad .....	25
3.4	Proyecto Central Park .....	25
3.5	Geolocalización.....	26
4.	Metodología.....	26
4.1	Supervisión técnica de los procesos constructivos del proyecto urbanístico.....	26
4.1.1	Revisión de armado de muros en casa modelo .....	27
4.1.2	Supervisión de fundición de concreto con mezcladora.....	28
4.1.3	Supervisión de rellenos .....	29
4.1.4	Toma de temperatura en la recepción de asfalto.....	31
4.1.5	Acompañamiento a la fundición de pavimento flexible .....	32
4.1.6	Toma de cilindros de concreto .....	33
4.1.7	Fundición de tapas a pozos sanitarios.....	35
4.1.8	Supervisión en relleno fase II.....	36
4.1.9	Acompañamiento en armado de sumideros .....	36
4.1.10	Instalación de señales preventivas.....	37
4.1.11	Fundición de andenes .....	38
4.1.12	Armado y fundición de la placa Nivel 1 de la casa modelo. ....	39
4.1.13	Supervisión de instalación red sanitaria .....	40
4.2	Cálculo y control de materiales.....	41
4.2.1	Cálculo de cantidades materiales en la casa modelo .....	42
4.2.2	Cálculo de materiales en alcorque .....	43
4.2.3	Recepción de materiales en obra.....	44

4.3	La programación en obra .....	45
4.3.1	Barro en zanjas para tuberías de alcantarillado y red pluvial .....	45
4.3.2	Fallos geotécnicos en la vía .....	46
4.3.3	Daños por lluvias .....	47
4.3.4	Daño en tubería madre que suministra el agua al municipio .....	48
4.3.5	Demolición de rocas con maquinaria amarilla.....	49
5.	Resultados.....	50
5.1	Recomendaciones para realizar el ensayo.....	52
5.2	Desviaciones y desperdicios de materiales .....	54
5.3	Atrasos en el cronograma del proyecto.....	55
6.	Conclusiones.....	57
	Referencias Bibliográficas .....	59

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1.</b> <i>Dosificación de agregados para concreto.</i> .....	28
<b>Tabla 2.</b> <i>Cantidad de material para casa modelo</i> .....	42
<b>Tabla 3.</b> <i>Cantidad de materiales para alcorque.</i> .....	43

### Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Movimiento de tierras corte de terraza en proyecto Central Park.</i> .....	16
<b>Figura 2.</b> <i>Materiales para el ensayo de cono y arena.</i> .....	21
<b>Figura 3.</b> <i>Aparato para el ensayo del cono y arena.</i> .....	22
<b>Figura 4.</b> <i>Armado de la cimentación en la Casa Modelo proyecto Central Park.</i> .....	23
<b>Figura 5.</b> <i>Geolocalización del proyecto Central Park respecto al parque principal.</i> ....	26
<b>Figura 6.</b> <i>Muro estructural visto desde DWG Fast view, contraste con el armado real.</i> 27	
<b>Figura 7.</b> <i>Proceso de fundición y vibrado de concreto en la placa de la Casa Modelo.</i> 28	
<b>Figura 8.</b> <i>A la izquierda se observa el operario agregando el material directamente a la mezcladora. A la derecha se observa la correcta dosificación del material medida en baldes.</i> .....	29
<b>Figura 9.</b> <i>Relleno a las Zanjas de la tubería sanitaria Proyecto Central Park.</i> .....	30
<b>Figura 10.</b> <i>Mejoramiento de suelo - cemento a pala.</i> .....	31
<b>Figura 11.</b> <i>Toma de temperatura haciendo uso del termómetro análogo.</i> .....	32
<b>Figura 12.</b> <i>Extendido de asfalto por la maquina Finisher y chequeo por el equipo de topografía.</i> .....	33
<b>Figura 13.</b> <i>Control de cilindros y pruebas de laboratorio en concreto.</i> .....	34
<b>Figura 14.</b> <i>Corte y fundición de las tapas para los pozos sanitarios</i> .....	35
<b>Figura 15.</b> <i>Relleno fase II.</i> .....	36
<b>Figura 16.</b> <i>Armado de Parrillas en sumidero.</i> .....	37
<b>Figura 17.</b> <i>Instalación de señal preventiva: No pase.</i> .....	38
<b>Figura 18.</b> <i>Fundición de andenes</i> .....	39
<b>Figura 19.</b> <i>Armado y fundición casa modelo.</i> .....	40

<b>Figura 20.</b> <i>Instalación de redes sanitarias tubería 350 mm.</i> .....	41
<b>Figura 21.</b> <i>Diseño geométrico de alcorques.</i> .....	43
<b>Figura 22.</b> <i>Recepción de aceros del proveedor Matpico.</i> .....	44
<b>Figura 23.</b> <i>Evidencias de las afectaciones causadas por la lluvia.</i> .....	45
<b>Figura 24.</b> <i>Marcación de fallos geotécnicos con cal.</i> .....	46
<b>Figura 25.</b> <i>Afectaciones causadas por la lluvia.</i> .....	47
<b>Figura 26.</b> <i>Daño a tubería de agua potable y reparación con uniones universales.</i> .....	48
<b>Figura 27.</b> <i>Retrasos por fallas en el sistema hidráulico de la maquinaria</i> .....	49
<b>Figura 28.</b> <i>Código escrito en MATLAB para cálculos de ensayo del método de cono de arena.</i> .....	50
<b>Figura 29.</b> <i>Materiales con mayor desperdicio en el proyecto Central Park.</i> .....	54
<b>Figura 30.</b> <i>Desperdicio de piedra filtro.</i> .....	55
<b>Figura 31.</b> <i>Principales atrasos del proyecto Central Park</i> .....	55

## Resumen

**Título:** Auxiliar de ingeniería en la empresa CasaLinda S.A para desarrollar actividades técnicas en el proyecto urbanístico Central Park en el municipio de Socorro.\*

**Autor:** José Manuel González Aguillón\*\*

**Palabras Clave:** Gestión de calidad, método del codo de arena, programación de obra, supervisión técnica.

**Descripción:** Este proyecto de grado es el resultado de las actividades realizadas en la modalidad de práctica empresarial en la empresa CasaLinda S.A en el proyecto urbanístico Central Park en el municipio de Socorro, Santander.

Las actividades desarrolladas comprenden desde la supervisión técnica a los procesos constructivos, hasta el monitoreo de la ejecución del cronograma de actividades, incluyendo el cálculo de cantidades de materiales utilizados en labores específicas dentro de la obra. De igual manera, se realizaron 135 densidades haciendo uso del ensayo in situ del cono de arena como lo describe la norma INVIAS E-161.

La práctica se realizó en un periodo de 16 semanas y se empleó una metodología basada en fases de apropiación del proyecto constructivo: inducción e integración, supervisión técnica de obra, control de calidad, cálculo y control de cantidades, seguimiento a la programación, gestión documental y cierre de la práctica. Estas contribuyeron al cumplimiento satisfactorio de los objetivos planteados en este documento.

Finalmente, como resultado de la práctica se contribuyó a la trazabilidad, mejora en la planificación y control efectivo de procesos constructivos en la obra.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis Alberto Capacho Silva. M.Sc, Ingeniero Civil.

### Abstract

**Title:** Engineering assistant at CasaLinda S.A., supporting technical activities in the “Central Park” urban development project in the municipality of Socorro. \*

**Author:** José Manuel González Aguillón \*\*

**Key Words:** Quality management, Sand cone method, Construction scheduling, Technical supervision.

**Description:** This undergraduate project is the result of the activities carried out under the modality of an internship at CasaLinda S.A., within the urban development project “Central Park” located in the municipality of Socorro, Santander.

The activities performed ranged from technical supervision of the construction processes to monitoring the execution of the project schedule, including the calculation of quantities of materials used in specific tasks on site. Likewise, a total of 135 density tests were performed using the in-situ sand cone method, as established by the INVIAS E-161 standard.

The internship lasted 16 weeks and followed a methodology based on phases aimed at familiarizing and managing the construction project: induction and integration, technical field supervision, quality control, calculation and control of quantities, schedule monitoring, document management, and internship closure. These phases contributed to the satisfactory fulfillment of the objectives established in this document.

Finally, as a result of the internship, contributions were made to traceability, improved planning, and effective control of construction processes on site.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Civil Engineering Department. Advisor: Luis Alberto Capacho Silva. M.Sc in Civil Engineering

## Introducción

Como lo menciona (Brand, 2001), el urbanismo en Colombia tiene sus fundamentos en el modernismo desde hace varias décadas, tanto en la arquitectura como en la planeación. La primera se consolida como un pilar en la generación de espacios habitables y sostenibles que promueven una mejor calidad de vida, constituyéndose en el objetivo principal de los proyectos urbanísticos. La segunda corresponde a la forma en que estos proyectos se gestionan y ejecutan, e implica el control de gastos, la prevención de errores y el aseguramiento de la calidad. De acuerdo con (MinAmbiente, 2025) la planeación comprende el conjunto de acciones orientadas al logro de un objetivo, anticipando posibles consecuencias y desviaciones, y partiendo siempre del conocimiento técnico.

Partiendo de lo anterior, el presente documento describe las actividades desarrolladas en la práctica empresarial. En este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo puede optimizarse el control de calidad, la supervisión técnica y el seguimiento de obra para garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos en la ejecución del proyecto Central Park?

En respuesta a la pregunta planteada, el objetivo general de este proyecto de grado es mejorar los procesos de control de calidad, supervisión técnica y seguimiento de obra en la ejecución del proyecto Central Park, con el fin de garantizar el cumplimiento de los estándares técnicos, normativos y constructivos establecidos.

La práctica empresarial se desarrolló durante un período de dieciséis semanas en la empresa. La metodología adoptada corresponde a un enfoque aplicado y descriptivo, estructurado en fases que se alinean con los objetivos específicos del proyecto de grado y permiten realizar un seguimiento a las actividades técnicas, administrativas y de control en obra.

La primera fase tuvo como propósito la familiarización del practicante con la empresa y el proyecto. Incluyó la socialización de las funciones asignadas, las normativas internas y los protocolos de seguridad, así como el conocimiento general del proyecto Central Park, su equipo de trabajo, la documentación técnica disponible y el cronograma general de ejecución. El objetivo de la segunda fase fue la verificación diaria de los procesos constructivos ejecutados en obra, con el fin de asegurar el cumplimiento de los planos, las especificaciones técnicas y la normativa vigente.

La tercera fase se enfocó en la evaluación de la calidad de los procesos constructivos. Se llevaron a cabo ensayos de densidad en campo mediante el método del cono de arena, conforme a los lineamientos del INVIAS E-161 (INVIAS, 2013). Los resultados obtenidos fueron registrados y comparados con las especificaciones de compactación y los parámetros de diseño establecidos. En la siguiente fase, se hizo apoyo en la elaboración y actualización de los formatos de cantidades de obra, permitiendo la comparación entre las cantidades ejecutadas y las presupuestadas. Asimismo, se contribuyó a la gestión eficiente de recursos y materiales, conforme a criterios técnicos y de control de costos.

En la quinta fase se inició la revisión y el seguimiento del cronograma de obra. Se realizó la actualización de los avances físicos, el control de desviaciones respecto a la programación inicial y la generación de reportes periódicos de avance. En la sexta etapa se ejecutaron actividades relacionadas con el diligenciamiento de los formatos correspondientes al Sistema de Gestión de Calidad, ya establecidos por la empresa. Asimismo, se llevó a cabo el registro, organización y archivo de las evidencias técnicas y administrativas generadas durante la ejecución de la práctica.

Finalmente, en la última fase se realizó la elaboración del informe final de la práctica, en el cual se consolidaron los resultados obtenidos de la supervisión, control y seguimiento de las actividades.

Partiendo del contexto anterior, el desarrollo del presente proyecto responde a la necesidad de fortalecer la supervisión técnica, seguimiento de obra en proyectos urbanísticos y los procesos de control de calidad, con el fin de mejorar la eficiencia y confiabilidad de la ejecución constructiva. Técnicamente, el presente proyecto genera un impacto directo a los estudiantes de ingeniería civil, al analizar los procesos internos de la obra contribuyendo a la reducción de errores constructivos, la optimización de recursos y el cumplimiento de los estándares normativos. Al estudiar estos controles resulta beneficiada principalmente la empresa ejecutora del proyecto urbanístico, los profesionales encargados de dirigir la obra, al facilitar una toma de decisiones basada en datos y un mayor control sobre los procesos constructivos.

Socialmente, brindando una adecuada supervisión y control de calidad, esto evidenciado en obras más seguras, duraderas y funcionales para el usuario final, los principales beneficiarios son los futuros residentes y la comunidad del municipio del Socorro, quienes se benefician de infraestructuras que cumplen con criterios técnicos, normativos y de seguridad, contribuyendo a una mejora en la calidad de vida y al desarrollo del plan de ordenamiento territorial.

## 1. Objetivos

### 1.1 Objetivo General

Analizar el modelo de seguimiento técnico y administrativo en la ejecución de la obra civil del proyecto Urbanístico Central Park, en El Socorro, Santander.

### 1.2 Objetivos Específicos

- Ejecutar la supervisión técnica continua de los procesos constructivos del proyecto urbanístico Central Park, con el fin de verificar el cumplimiento de los procedimientos establecidos y detectar posibles desviaciones.
- Calcular y controlar las cantidades de obra y materiales en los procesos constructivos, optimizando el uso de recursos mediante el seguimiento actualizado de consumos y disponibilidad de materiales.
- Monitorear el cumplimiento de la programación de obra, asegurando el avance conforme al cronograma establecido, mediante el seguimiento periódico de las actividades programadas y ajustes necesarios en la planificación para mitigar retrasos.
- Redactar un capítulo en el informe final, el cual incluya recomendaciones al aplicar el ensayo de método de cono y arena establecido por la norma INV E-161.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1 Urbanismo**

El urbanismo es una disciplina en formación que puede analizarse como un sistema, es decir, un conjunto de infraestructura, servicios, reglas y principios sobre una materia (la ciudad y la región) relacionados entre sí. El urbanismo tiene como fin la modelación y remodelación de las ciudades y regiones para el bienestar de la gente, por lo cual es el estudio de las ciudades enfocado a lograr el diseño del ámbito espacial donde se desenvuelven las actividades sociales del hombre (Miguel, Torres Váldez, & Maldonado Cruz, 2011).

### **2.2 Proyecto urbanístico**

Un proyecto de urbanismo es el conjunto de estudios, diseños y estrategias que permiten planificar, organizar y transformar un territorio, priorizando el uso eficiente del suelo y el desarrollo integral de infraestructuras y servicios. Su objetivo principal es crear entornos urbanos equilibrados, que garanticen el bienestar de los ciudadanos, la protección ambiental y la movilidad eficiente. Los proyectos de urbanismo son fundamentales para el crecimiento ordenado y funcional de las ciudades. A través de ellos, se definen las bases que permiten el desarrollo de espacios habitables, eficientes y sostenibles para la sociedad. Con el aumento poblacional y la necesidad de integrar infraestructura, medio ambiente y calidad de vida, los proyectos de urbanismo se han convertido en una prioridad para gobiernos, desarrolladores y comunidades (Pérez Jubiz, 2025).

### **2.3 Redes de servicios públicos domiciliarios**

Garantizar a la población la prestación de los principales servicios públicos domiciliarios, en términos de calidad, continuidad, cobertura y accesibilidad siempre será una responsabilidad del estado colombiano, así lo estableció el Congreso de Colombia (1991), en la carta magna de la

Constitución Política de Colombia de 1991. Esta responsabilidad permitió que el Congreso de Colombia (1994), aprobara la expedición de la ley 142 de 1994, con sus respectivas reglamentaciones y modificaciones que se le han realizado a la fecha, para garantizar las coberturas de los servicios públicos domiciliarios en todo el territorio nacional (Asprilla Lara & Castro Valencia, 2016).

La instalación de redes de servicios públicos domiciliarios como: acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, gas natural y telecomunicaciones, son de vital importancia en zonas urbanas como rurales; sin embargo, estos cobran mayor relevancia en las áreas urbanas, debido a la necesidad de tener suelo urbanizable para atender la fuerte demanda de vivienda y de vías, que cada día tienen los centros urbanos por su crecimiento demográfico (Asprilla Lara & Castro Valencia, 2016).

Los servicios públicos domiciliarios, son uno de los indicadores, que determinan la calidad de vida de la población que habita en un determinado territorio, bien sea urbano o rural; razón por la cual la Organización de Naciones Unidas (ONU), con la participación de los países miembros, vienen proponiéndose objetivos que permitan alcanzar coberturas universales en la prestación de los mismos (Asprilla Lara & Castro Valencia, 2016).

#### **2.4 El Movimiento de tierras**

Se denomina movimiento de tierras al conjunto de operaciones que se realizan con los terrenos naturales, a fin de modificar las formas de la naturaleza o de aportar materiales útiles en obras públicas, minería o industria (Tiktin Ferreiro, 1995).

Los materiales se encuentran en la naturaleza en formaciones de muy diverso tipo, que se denominan bancos, en perfil cuando están en la traza de una carretera, y en préstamos fuera de ella. La excavación consiste en extraer o separar del banco porciones de su material como lo

muestra la Figura 1. Cada terreno presenta distinta dificultad a su excavabilidad y por ello en cada caso se precisan medios diferentes para afrontar con éxito su excavación (Tiktin Ferreiro, 1995).

De acuerdo con la función que van a desempeñar las construcciones hechas con los terrenos naturales aportados, es indispensable un comportamiento mecánico adecuado, una protección frente a la humedad. Estos objetivos se consiguen mediante la operación llamada compactación, que debido a un apisonado enérgico del material consigue las cualidades indicadas (Tiktin Ferreiro, 1995).

**Figura 1.**

*Movimiento de tierras corte de terraza en proyecto Central Park.*



Las obras realizadas con tierras han de ser apisonadas enérgicamente para conseguir un comportamiento mecánico acorde con el uso al que están destinadas. Este proceso se conoce genéricamente como compactación y consolidación del material (Shrinkage). La compactación ocasiona una disminución de volumen que ha de tenerse en cuenta para calcular la cantidad de material necesaria para construir una obra de tierras de volumen conocido (Tiktin Ferreiro, 1995).

## 2.5 Los procesos de planificación y control

La construcción es uno de los sectores industriales que ha sufrido más cambios sustanciales en los últimos años. Con la intensificación de la competencia, la globalización de los mercados, la demanda de artículos más modernos, la velocidad con la que surgen nuevas tecnologías, el aumento del nivel de exigencia de los clientes –sean los usuarios finales o no– y la limitada disponibilidad de recursos financieros para llevar a cabo los proyectos, las empresas se han dado cuenta de que es imprescindible invertir en los procesos de gestión y control, ya que sin estos sistemas de dirección se pierden de vista los principales indicadores: el tiempo, el coste, el beneficio, el retorno de la inversión y el flujo de caja. La información rápida es un recurso que vale oro. En este contexto, los procesos de planificación y control pasan a desempeñar un papel principal en las empresas, ya que tienen un fuerte impacto en el rendimiento de la producción. Los estudios realizados en diversos países demuestran que las deficiencias en la planificación y en el control se encuentran entre las principales causas de la baja productividad del sector, de sus elevados sobrecostes y de la baja calidad de sus productos (Mattos & Valderrama, 2014).

Para numerosos proyectos de carácter social, el objetivo puede ser mejorar la calidad de vida de la comunidad, mientras para otros, de carácter particular, puede ser la búsqueda de una rentabilidad aunada con satisfacer una necesidad. Es importante resaltar que en algunos proyectos el mecanismo que desencadena la ejecución de este, más que la necesidad del cliente o usuario final es la oportunidad de lograr un objetivo o generar una rentabilidad, con base en la ejecución o venta del producto. Por ejemplo, en el caso de un desarrollo inmobiliario uno o varios inversionistas identifican que, mediante un proyecto, pueden hacer que sus recursos financieros trabajen y generen rendimientos importantes una vez este produzca un resultado que

se pueda ofrecer a un mercado que lo requiere y que está dispuesto a pagar por obtenerlo (Jorge García Reyes, Diego Echeverry Campos, Harrison Mesa Hernández. 2017).

Todo proyecto está expuesto a una gran variedad de riesgos, además de consumir recursos escasos. Esto obliga a que, la gerencia de proyectos siga una aproximación racional para lograr los mejores resultados posibles, con un consumo muy eficiente de recursos y con una mínima exposición al riesgo. En la literatura sobre el tema se encuentra, sucintamente, que la gerencia de proyectos es la asignación, el control y la utilización de recursos para lograr un objetivo particular dentro de un periodo dado (García Reyes, Echeverry Campos, & Mesa Hernández, 2017).

## **2.6 Densidad del terreno**

Se entiende por densidad a la cantidad de materia que ocupa un determinado volumen, aplicando este sencillo concepto a los suelos podremos entender que la densidad de los suelos es la medida o la relación de cuanto suelo puede ocupar una medida volumétrica, de lo que se puede deducir que en la medida en que un suelo sea más denso tendrá más suelo en un mismo volumen. Ahora bien, ¿a qué se debe la capacidad de ser más denso o no un material?, la respuesta a este cuestionamiento está en la estructura interna de los suelos, la cual dependiendo del grado de acomodo que tenga permitirá que un suelo se pueda hacer más denso o no, luego de un proceso donde se le aplique un esfuerzo, esto con el fin de sacar del suelo el aire que pueda encontrarse entre su estructura interna. Si generalmente en la construcción la aplicación del esfuerzo se realiza a través de un equipo denominado compactador. Ahora, el suelo necesita de cierta lubricación para que sus partículas internas puedan alcanzar un grado de acomodo tal que el

suelo logre su máximo punto de densificación, esta lubricación se logra por medio del adicionamiento de agua al suelo (Sierra Pérez & Varela Paternina, 2012).

## **2.7 Grado de compactación**

Para obras viales la densidad debe cumplir por norma, lo establecido por el INVIAS en el artículo 330 que dice que el grado de compactación de la capa de material debe ser equivalente al 95% del valor que dio como resultado la prueba Proctor en laboratorio, esto se constata por medio de la medición in situ de la densidad por medio de los métodos ya antes mencionados (INVIAS, 2022). Si no se logra obtener el 95% o más en porcentaje de compactación se deberá agregar agua o dejar secar el material dependiendo de la situación o aumentar la energía de compactación y con el fin de generar un mejor reacomodo de las partículas internas del suelo, de esta manera podrá haber una mejor densificación del material, y así posiblemente alcanzar lo establecido por la norma (Sierra Pérez & Varela Paternina, 2012).

## **2.8 Levantamientos Topográficos**

Un levantamiento topográfico, es el proceso científico de medición de las dimensiones de un área particular de la superficie de interés. Estos levantamientos pueden ser de la superficie de la tierra, incluyendo sistemas de referencia. También pueden ser estructuras artificiales, como una carretera, edificio, represas, centrales hidroeléctricas o cualquier tipo de obra civil en general. Los levantamientos topográficos suelen ser el inicio y la base en la construcción de obras civiles (Alfaro Cordero, 2018).

### ***2.8.1 Replanteos Topográficos***

Son considerados el proceso inverso de un levantamiento. Consiste en llevar a un área de interés la información contenida en planos y documentos con el propósito de hacerla realidad. En obras civiles es común realizar replanteos de ejes para construcción de carreteras o edificios, presas, tuberías e incluso turbinas en centrales hidroeléctricas (Alfaro Cordero, 2018).

## 2.9 Densidad Seca

La densidad seca medida en el relleno debe ser la especificada en el pliego de condiciones. Normalmente se considera el porcentaje sobre la obtenida en el laboratorio según el ensayo Proctor Normal (PN), o el Proctor Modificado (PM). El ensayo Proctor consiste en compactar el material contenido en un molde cilíndrico de dimensiones standard, por medio de una maza, que se deja caer libremente desde determinada altura y un cierto número de veces. Realizando el ensayo con el material y diferentes grados de humedad, y después de desecar, los resultados se llevan a un gráfico, obteniendo una densidad máxima seca para una humedad llamada óptima (Tiktin Ferreiro, 1995).

Los métodos usuales de obtención de densidades en obra son:

- Densímetro nuclear.
- Cono y arena.

## 2.10 Método del Cono y Arena

Este método de ensayo se usa para determinar la densidad de los suelos compactados utilizados en la construcción de terraplenes, subrasantes, capas inferiores de pavimentos y rellenos estructurales. Se usa con frecuencia como base para la aceptación de suelos compactados a una densidad especificada o a un porcentaje de la densidad máxima determinada por los métodos de ensayo de las normas INV E-142 (figura 2). Se puede usar este método de ensayo para determinar, en el sitio, la densidad de depósitos naturales, agregados, mezclas de suelos u otros materiales similares (INVIAS, 2013).

**Figura 2.**

*Materiales para el ensayo de cono y arena.*



El aparato del cono y arena consta de los siguientes instrumentos y materiales como se observa en la figura 3:

**2.10.1 Frasco** utensilio necesario para almacenar arena con una capacidad de volumen superior al necesario para llenar el hueco de ensayo y el cono grande apoyado en la platina de base durante el ensayo. Puede ser de aproximadamente 1 galón (INVIAS, 2013).

**2.10.2 Embudo metálico** un dispositivo ajustable que consiste en una válvula cilíndrica con un orificio de 13 mm de diámetro, instalada en los extremos de los conos o embudos metálicos. La válvula tendrá topes para evitar su rotación cuando este en posición de totalmente abierto o completamente cerrado. El dispositivo se fabricará con metal suficientemente rígido para evitar la distorsión o cambio de volumen del cono grande (INVIAS, 2013).

**2.10.3 Placa de base** consiste en una placa de metal con un orificio central con una pestaña moldeada, para recibir el embudo grande (cono), el cual se ensambla en dicha pestaña. La placa debe ser de un material rígido. Su superficie de contacto con la superficie del suelo debe ser plana (INVIAS, 2013).

**2.10.4 Arena** a utilizar debe ser limpia, seca, densidad y gradación uniforme, no cementada, que fluya libremente. Se puede utilizar arenas que tengan un coeficiente de uniformidad ( $D_{60}/D_{10}$ ) inferior a 2, un tamaño máximo de partícula menor a 2 mm y menos del 3% que pase por el tamiz No 60. La arena no se debe reutilizar sin antes ser limpiada de fragmentos del material que se está ensayando, debe dejarse secar al aire y comprobar su densidad (INVIAS, 2013).

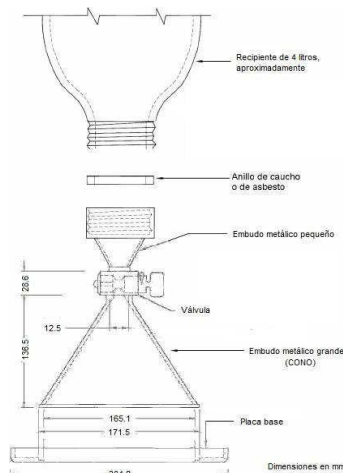
**2.10.5 Balanza** de 20 kg. y sensibilidad de 5 g como mínimo (INVIAS,2013).

**2.10.6 Equipo para el secado** horno o estufa que funcione para secar el material y poder determinar su contenido de humedad (INVIAS, 2013).

**2.10.7 Equipo misceláneo** Una pica pequeña, cinceles, destornillador o cucharas para excavar el hueco de ensayo, puntillas grandes o estacas para asegurar la placa de base, recipientes con tapa, bolsas de lona forradas con plástico u otros recipientes adecuados para contener las muestras para la determinación de la densidad y la humedad, así como para guardar la arena empleada en el ensayo; pequeña brocha de pintura, calculadora, cuaderno o formatos de ensayo (INVIAS, 2013).

### Figura 3.

*Aparato para el ensayo del cono y arena.*



Nota: Imagen tomada de Norma Invias E-161 (INVIAS, 2013).

## 2.11 La cimentación

La cimentación de una estructura es aquello que la sustenta sobre el terreno, generalmente se encuentra enterrada, transmite al terreno su propio peso y las cargas recibidas, de modo que la estructura que soporta sea estable, la presión transmitida sea menos a la admisible y los asentos se encuentren limitados. La cimentación consta de dos partes, el elemento estructural encargado de transmitir las cargas al terreno y la zona del terreno afectada por dichas cargas como se observa en la figura 4. La cimentación debe resistir las cargas sujetas a la estructura frente a las acciones horizontales como el viento y el sismo, conservando su integridad. La tensión que actúa sobre el terreno se debe a los esfuerzos producidos por la estructura sobre el cimiento, a los que hay que añadir el peso propio del cimiento más las tierras y otras acciones que actúen sobre él. La interacción entre el suelo y la estructura depende de la naturaleza del propio terreno, de la forma y tamaño de la cimentación y de la flexibilidad de la estructura (Yepes Piqueras, 2020).

### Figura 4.

*Armado de la cimentación en la Casa Modelo proyecto Central Park.*



### 3. Contexto de la organización

La empresa CasaLinda S.A es una organización del sector de la construcción con amplia experiencia en el desarrollo de proyectos urbanísticos en la región nororiental de Colombia. Su enfoque se centra en la planificación, diseño, ejecución y comercialización de soluciones de vivienda que integran criterios de calidad, sostenibilidad y cumplimiento (CasaLinda, 2024).

En el ámbito local, el municipio del Socorro, Santander, presenta una creciente demanda de soluciones habitacionales que respondan a las dinámicas de urbanización y expansión del territorio. Proyectos como Central Park se convierten en respuesta directa a esta necesidad, promoviendo el desarrollo urbanístico con altos estándares técnicos y de habitabilidad (DANE, 2023).

CasaLinda S.A ha implementado un Sistema de Gestión de Calidad basado en la norma ISO 9001:2015, el cual contempla procedimientos normalizados para el control de obra, aseguramiento de la calidad y trazabilidad documental. Este sistema permite alinear los procesos constructivos con estándares nacionales e internacionales, garantizando la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa de los proyectos (ICONTEC, 2015).

#### 3.1 Misión

“CasaLinda S.A es una organización con más de 44 años de experiencia en el sector de la construcción, dedicada al alto diseño arquitectónico, el desarrollo, la comercialización y la financiación directa de bienes inmuebles. Sus productos y servicios de alta calidad buscan satisfacer las necesidades de sus clientes, contribuyendo a mejorar su calidad de vida. Su compromiso es hacer las cosas bien desde la primera vez” (CasaLinda, 2024).

### **3.2 Visión**

“CasaLinda S.A se proyecta como una empresa constructora consolidada y sostenible, que hace parte del grupo empresarial HG. Es líder en construcción con alto diseño arquitectónico y financiación propia, con capacidad de acción y una dinámica de cambio que le permite responder a los requerimientos del mercado” (CasaLinda, 2024).

### **3.3 Política de calidad**

“CasaLinda S.A como empresa del sector de la construcción tiene como política de calidad el alto diseño arquitectónico, desarrollo, comercialización y financiación de bienes inmuebles, que buscan satisfacer las necesidades y los requisitos de los clientes, generando una relación estrecha de beneficios y rentabilidad mutua. Para lo cual, cuenta con un grupo humano idóneo y competente comprometido con el mejoramiento continuo de la eficacia del sistema de gestión de la calidad” (CasaLinda, 2024).

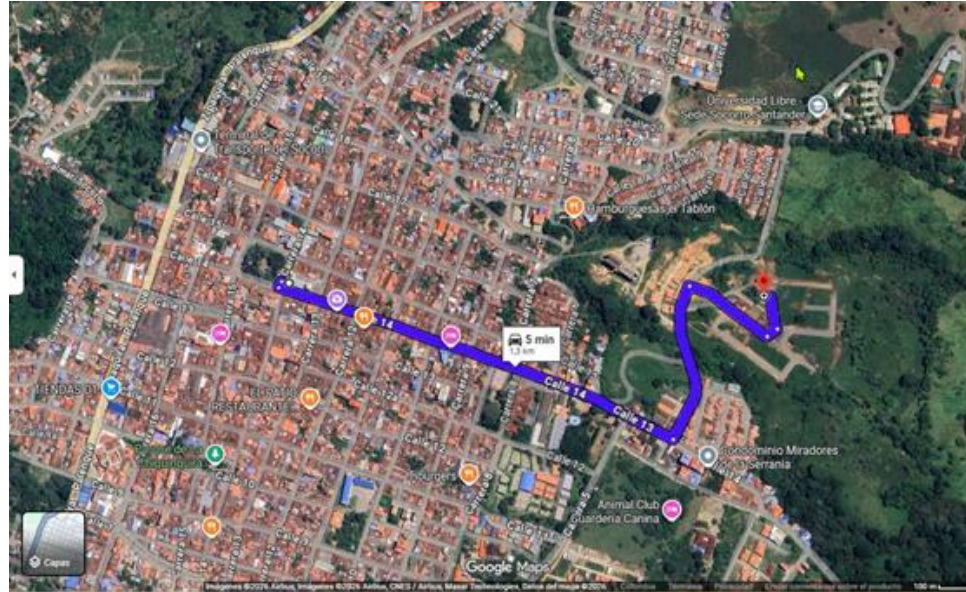
### **3.4 Proyecto Central Park**

Central Park es un proyecto urbanístico ubicado en el municipio de Socorro Santander en la antigua Hacienda Saravita como se observa en la figura 5, tiene cerca de 27 hectáreas y ofrece lotes urbanizados con acueducto, alcantarillado, redes eléctricas, vías pavimentadas y punto de gas natural. La primera fase fue un total éxito vendiendo 340 lotes. En la segunda fase tiene un alcance de 964 lotes. Dentro del proyecto se encuentran dos lotes de 12.354 m y 10.594 m. para un Centro Comercial y un lote en sección para una sede de la Universidad de Santander respectivamente (CasaLinda, 2024).

### 3.5 Geolocalización

#### Figura 5.

*Geolocalización del proyecto Central Park respecto al parque principal.*



## 4. Metodología

La metodología adoptada corresponde a un enfoque aplicado y descriptivo, estructurado en fases secuenciales que se articulan con los objetivos específicos del proyecto de grado y permiten un seguimiento progresivo de las actividades técnicas, administrativas y de control en obra.

### 4.1 Supervisión técnica de los procesos constructivos del proyecto urbanístico

La supervisión técnica según el Título I de la NSR-10 (Ministerio de Ambiente, 2010) se entiende como, “La verificación de la sujeción de la construcción de la estructura de la edificación a los planos, diseños y especificaciones realizadas por el diseñador estructural. Así mismo, que los elementos no estructurales se construyan siguiendo los planos, diseños y especificaciones realizadas por el diseñador de los elementos no estructurales, de acuerdo con el

grado de desempeño sísmico requerido”. Dentro de las actividades desarrollados en esta fase se encuentran:

#### 4.1.1 Revisión de armado de muros en casa modelo

Para la construcción de la casa modelo fue necesario realizar la revisión del armado de los muros tipo pantalla como se observa en la parte derecha de la figura 6, verificando que las dimensiones, diámetros y cantidades de acero correspondieran a las especificaciones indicadas en los planos estructurales.

Para facilitar esta labor en campo se hizo uso de la aplicación DWG FastView (VIEW, 2025) como se observa en la parte izquierda de la ilustracion 6, que permitió acceder desde el dispositivo móvil a los planos estructurales y arquitectónicos del proyecto sin necesidad de contar con copias físicas. De esta manera fue posible contrastar directamente la información técnica con el armado ejecutado por el personal, identificando y corrigiendo a tiempo posibles desviaciones antes de la fundición.

#### Figura 6.

*Muro estructural visto desde DWG Fast view, contraste con el armado real.*



#### 4.1.2 Supervisión de fundición de concreto con mezcladora

Durante la ejecución de elementos estructurales en la casa modelo (figura 7) se realizó la supervisión del proceso de fundición de concreto producido en obra mediante mezcladora.

#### Figura 7.

*Proceso de fundición y vibrado de concreto en la placa de la Casa Modelo.*



Para garantizar que el concreto alcanzara la resistencia última especificada, se contaba con una tabla de dosificaciones elaborada previamente por el laboratorio (tabla 1), la cual indicaba las proporciones adecuadas de agregado grueso, agregado fino, cemento y agua.

#### Tabla 1.

*Dosificación de agregados para concreto.*

TIPO CONCR.	RESIST. Psi	MATERIALES				
		CEMENTO KG	ARENA M3	TRITUR. M3	AGUA LTR	PRODUCC. %
1:2:2	3500	420	0,67	0,67	250	5
1:2:3	3000	350	0,56	0,84	180	5
1:2:4	2500	300	0,48	0,95	170	5
1:3:4	2000	260	0,63	0,84	170	5
1:3:6	1500	210	0,5	1,00	160	5
1:2:3 IMP	3000	350	0,56	0,84	180	5
1:2:4 IMP	2500	300	0,48	0,95	170	
CICLOPEO	---					

Nota: fuente laboratorio Peña Santander.

Sin embargo, una de las problemáticas más frecuentes fue la medición inadecuada de los agregados por parte de los trabajadores, lo que generaba variaciones en la mezcla. Ante esta situación se recomendó estandarizar el proceso utilizando baldes para medir arena y triturado, de manera que las dosificaciones se ajustaran a los valores establecidos por el laboratorio (Figura 8).

La verificación se realizaba de manera constante durante la fundición, asegurando que los operarios respetaran las proporciones indicadas de materiales. Esta medida permitió mejorar la calidad del concreto producido en obra al obtener los ensayos de resistencia ultima hechos por el laboratorio con valores mayores al diseño.

### **Figura 8.**

*A la izquierda se observa el operario agregando el material directamente a la mezcladora. A la derecha se observa la correcta dosificación del material medida en baldes.*



#### **4.1.3 Supervisión de rellenos**

Durante la ejecución de los rellenos en zanja se supervisó que la colocación del material se realizara en capas cuyo espesor no superara los 20 cm, para posteriormente proceder con la

compactación hasta alcanzar una densidad superior al 90%. Este control era fundamental para evitar asentamientos diferenciales y garantizar la estabilidad de las redes instaladas (figura 9).

En varias ocasiones fue necesario advertir a los trabajadores que el material no se encontraba en condiciones adecuadas para su compactación. Al evaluar las humedades en campo con el humedometro, con frecuencia se observaban materiales con humedad superior al 20%, principalmente después de periodos de lluvia. En estos casos se recomendaba suspender temporalmente el relleno hasta que el material se secara o, en su defecto, reemplazarlo con suelo proveniente del corte de terraza, el cual se mantenía disponible y presentaba mejores características para la compactación.

**Figura 9.**

*Relleno a las Zanjas de la tubería sanitaria Proyecto Central Park.*



Las recomendaciones se daban debido a que la lluvia cambiaba las propiedades del material, arrastrando los finos y aumentando su humedad, lo cual reducía la capacidad de compactación y modificaba el desempeño del relleno.

**Figura 10.**

*Mejoramiento de suelo - cemento a pala.*



En los casos donde era necesario continuar con la ejecución para evitar retrasos significativos, se aplicaron soluciones de mejoramiento del suelo. Una de ellas consistió en estabilizar el material con cemento utilizando una relación suelo-cemento de 1:5, mezclando cinco carretadas de suelo con un bulto de cemento de 50 kg (Figura 10). Esta medida permitió avanzar en sectores críticos sin sacrificar la calidad del relleno ni comprometer la programación.

#### ***4.1.4 Toma de temperatura en la recepción de asfalto***

Para la aplicación y extensión del pavimento asfáltico con la máquina Finisher fue necesario realizar control de la temperatura del material al momento de la llegada a la obra como se observa en la figura 11. La temperatura es un parámetro crítico, ya que garantiza que el asfalto mantenga la trabajabilidad suficiente para ser extendido y compactado correctamente antes del enfriamiento.

El material asfáltico era producido y cargado en una planta ubicada en el municipio de Girón, lo que implicaba un tiempo de transporte aproximado de tres horas hasta el proyecto. Debido a que el trayecto corresponde a una vía nacional (Socorro – Bucaramanga), no era

posible controlar el tráfico e imprevistos durante el desplazamiento de las volquetas cargadas. Estos factores generaban variaciones en los tiempos de llegada y, por ende, en la temperatura del material.

### Figura 11.

*Toma de temperatura haciendo uso del termómetro análogo.*



#### 4.1.5 Acompañamiento a la fundición de pavimento flexible

Durante la fundición del pavimento flexible se realizó el acompañamiento en campo con el fin de verificar que el proceso constructivo cumpliera con las especificaciones de diseño. Antes de la compactación con rodillo liso, se revisaba que la capa asfáltica recién extendida tuviera un espesor aproximado de 10 cm, de manera que una vez terminada alcanzara el espesor de diseño 8,5 cm establecido.

Adicionalmente, se revisaba que la carpeta no presentara hundimientos o deformaciones y que la superficie resultante fuera uniforme en toda todo el tramo. Para complementar el control se realizaban verificaciones topográficas cada 10 metros, asegurando que los niveles de

terminación coincidieran con los valores indicados en el diseño geométrico. Una vez confirmadas las cotas y tolerancias por parte del equipo de topografía, se autorizaba la continuidad de la aplicación del asfalto a lo largo del tramo como se observa en la figura 12.

#### ***4.1.6 Toma de cilindros de concreto***

#### **Figura 12.**

*Extendido de asfalto por la maquina Finisher y chequeo por el equipo de topografía.*



Para garantizar trazabilidad en la resistencia del concreto utilizado en los elementos estructurales se realizaron ensayos mediante la elaboración de cilindros de prueba. Estos tenían 10 cm de diámetro por 20 cm de altura, siguiendo los procedimientos establecidos para verificar el comportamiento del material en estado endurecido.

Los cilindros fueron sometidos a ensayos de compresión a los 7 y 28 días en laboratorio, permitiendo comparar los resultados obtenidos con las resistencias especificadas en los planos del proyecto. Este proceso facilitó la evaluación del desempeño del concreto y permitió detectar oportunamente posibles desviaciones relacionadas con la mezcla, el curado o la fundición.

El control de estos ensayos se registró mediante un formato perteneciente al Sistema de Gestión de Calidad de la empresa (figura 13), donde se consignaban datos relevantes como la fecha de fundición, el tipo de elemento estructural, el tiempo de curado, el lote del concreto y la fecha de ensayo. Esta trazabilidad garantizó la conformidad del material con los requisitos técnicos del proyecto.

**Figura 13.**

*Control de cilindros y pruebas de laboratorio en concreto.*

CASALINDA S.A.  
CONTROL DE CILINDROS Y PRUEBAS DE LABORATORIO DEL CONCRETO  
Código: 38 Fecha: 01/02/2021 Versión 01

OBRA: Central Park - Casa Modelo  
RESPONSABLE DE OBRA: Ing Henry Montilla

FECHA TOMA	MUESTRA No.	LOCALIZACION	RESISTENCIA P.S.I.	ENVIO A LABORATORIO		ELABORO
				FECHA	CURADO	
07-10	1	Cimentación	3628,80	09-11	28	José González
07-10	2	Cimentación	3615,23	09-11	28	José González
07-10	3	Cimentación	Testigo	en obra		
20-10	1	Pantalla	2501,69	27-10	7	José González
20-10	2	Pantalla	2460,37	27-10	7	José González
20-10	3	Pantalla	3180,68	17-11	28	José González
20-10	4	Pantalla	3101,10	17-11	28	José González
20-10	5	Pantalla	Testigo	en laboratorio		
20-10	6	Pantalla	Testigo	en obra		
20-10	7	Pantalla	Testigo	en obra		
21-10	1	Pantalla	3152,43	28-10	7	José González
21-10	2	Pantalla	3113,61	28-10	7	José González
21-10	3	Pantalla	4421,97	18-11	28	José González
21-10	4	Pantalla	4332,60	18-11	28	José González
21-10	5	Pantalla	Testigo	en laboratorio		
21-10	6	Pantalla	Testigo	en obra		
21-10	7	Pantalla	Testigo	en obra		
22-10	1	Pantalla	2779,37	29-10	7	José González
22-10	2	Pantalla	2866,45	29-10	7	José González
22-10	3	Pantalla	3776,73	19-11	28	José González
22-10	4	Pantalla	3812,48	19-11	28	José González
22-10	5	Pantalla	Testigo	en laboratorio		
23-10	1	Pantalla	3091,52	31-10	7	José González
23-10	2	Pantalla	3111,82	31-10	7	José González
23-10	3	Pantalla	3617,65	20-11	28	José González
23-10	4	Pantalla	3553,31	20-11	28	José González

NOTA:  
1. Se llevará registro de este formato únicamente cuando el proveedor no brinde certificado de laboratorio para el control de cilindros y concreto.  
2. Registro digital.

Nota: recuperado de CasaLinda, 2024.

#### 4.1.7 *Fundición de tapas a pozos sanitarios*

Las construcciones de las tapas para los pozos sanitarios tuvieron varias etapas orientadas a garantizar la correcta conformación y resistencia de estos elementos. Inicialmente se realizó el corte circular en el pavimento con la pulidora y el taladro percutor (Figura 14).

Luego, se retiró el material suelto para asegurar una adecuada adherencia. Una vez preparado el espacio se continuo con el figurado y armado del acero necesario para la tapa, verificando la correcta posición de las barras y el cumplimiento de las dimensiones establecidas. El rendimiento estimado por tapa fue de dos días de trabajo con un equipo de dos operarios, lo que permitió programar la actividad dentro del cronograma general.

Finalmente, se realizó el vaciado del concreto asegurando que el material cubriera de manera uniforme el refuerzo y se controlara la vibración manual para evitar la formación de vacíos.

#### **Figura 14.**

*Corte y fundición de las tapas para los pozos sanitarios*



#### **4.1.8 Supervisión en relleno fase II**

En la Fase II del proyecto se intervino un terreno de aproximadamente 12.000 m<sup>2</sup> destinado a recibir un importante movimiento de tierras. Durante esta actividad se supervisaba el proceso de relleno para asegurar el cumplimiento de los criterios técnicos establecidos.

Principalmente se verificaba que no se extendiera material orgánico dentro del relleno, evitando el uso de descapote, raíces, troncos u otros residuos que pudieran afectar la calidad o la estabilidad del terreno. Asimismo, se controlaba que las capas compactadas no superaran los 20 cm de espesor y que el enrocado se ejecutara de forma uniforme, acomodando y asentando adecuadamente las rocas para garantizar una buena conformación del terreno (figura 15).

#### **Figura 15.**

*Relleno fase II.*



#### **4.1.9 Acompañamiento en armado de sumideros**

El armado de los sumideros se realizaba una vez la vía ya contaba con la capa de asfalto terminada. Esto permitía ejecutar cortes limpios con pulidora, garantizando un acabado fino para la instalación de las rejillas metálicas. Durante esta actividad se verificaba el adecuado

espaciamiento de las barras de acero y el cumplimiento de los parámetros de dosificación del concreto en la fundición, con el fin de asegurar la resistencia y diseño del elemento (figura 16).

**Figura 16.**

*Armado de Parrillas en sumidero.*



**4.1.10 Instalación de señales preventivas.**

Al inicio del proyecto se implementó un manejo preventivo mediante la instalación de señales como:

- Prohibido el paso
- Precaución
- Obreros en la vía
- No pase

Esto con el fin de advertir al personal sobre los riesgos asociados a las actividades de obra. Sin embargo, a medida que avanzaba el proyecto se hizo necesario reubicar dichas señales,

ya que en ocasiones interferían con el desarrollo de las actividades o eran golpeadas por el tráfico de maquinaria.

Para la instalación final se efectuaba una limpieza del tablero metálico y posteriormente se realizaba la excavación correspondiente para la base en concreto donde iría la señal (figura 17).

### **Figura 17.**

*Instalación de señal preventiva: No pase.*



#### ***4.1.11 Fundición de andenes***

Durante la actividad de fundición de andenes (figura 18) se verificaba que las dimensiones cumplieran con las especificaciones del diseño. Los andenes tenían un ancho de 180 cm y una franja central libre de 20 cm para la instalación de una guía táctil con relieve para personas con discapacidad visual. Para esta estructura se hacía uso de malla electrosoldada y concreto con resistencia de 3.000 psi.

Previo al vaciado se revisaba que el suelo natural estuviera compactado y que el alineamiento fuese paralelo a la vía. Asimismo, se controlaba la pendiente transversal de bombeo, la cual correspondía al 3%, verificada con el equipo de topografía.

**Figura 18.**

*Fundición de andenes*



#### ***4.1.12 Armado y fundición de la placa Nivel 1 de la casa modelo.***

Para el armado de la placa del primer nivel se tuvieron en cuenta los planos estructurales y los planos de redes domiciliarias. Se verificó que las vigas y mallas tuvieran el acero especificado en el diseño, así como los espaciamentos y cantidades de estribos indicados.

Otro control fue la revisión de la formaleta, asegurando que fuera rígida y que los parales y puntales permanecieran aplomados. La separación máxima entre puntales no debía superar los

90 cm. Durante el día de la fundida se elaboraron siete cilindros de concreto para el ensayo de resistencia última en laboratorio (figura 19).

**Figura 19.**

*Armado y fundición casa modelo.*



**4.1.13 Supervisión de instalación red sanitaria**

Durante la instalación de la red sanitaria se verificó la conformación de una cama de arena con espesores entre 5 y 10 cm, cuya función era proporcionar un apoyo uniforme a la tubería, evitar concentraciones de carga y minimizar daños por asentamientos. La tubería utilizada era de diámetro 350 mm por 6 metros. Para la unión de los tramos era importante que la campana contara con el empaque para evitar fugas. Antes del ensamblaje se aplicaba lubricante sobre el empaque para facilitar el acople y permitir que el tubo ingresara hasta el tope de la campana (figura 20).

Una vez instalada cada sección, se realizaban controles topográficos para confirmar el cumplimiento de las pendientes longitudinales establecidas en el diseño. En los casos donde la pendiente superaba valores críticos, se fundían atraques en concreto para asegurar la estabilidad de la tubería, conforme a las recomendaciones normativas.

Tras la aprobación topográfica, se continuaba con el relleno hasta cubrir aproximadamente  $\frac{3}{4}$  de la altura del tubo. Por último, se instalaba la cinta de señalización de peligro, con el fin de advertir la presencia de redes sanitarias en el subsuelo y reducir riesgos durante futuras excavaciones.

### **Figura 20.**

*Instalación de redes sanitarias tubería 350 mm.*



### **4.2 Cálculo y control de materiales.**

El cálculo y control de materiales en un proyecto de urbanismo comprende el proceso técnico de estimar las cantidades de insumos necesarios para la ejecución de un proyecto, así

como la gestión de su adquisición, almacenamiento y uso en obra. A través del cálculo de cantidades se determinan los rendimientos de los materiales y se establece la base para presupuestar, planificar y ejecutar las actividades constructivas. El control de materiales busca optimizar la disponibilidad oportuna de insumos en la calidad y cantidad requeridas, minimizando pérdidas, costos, retrasos y mejorando la utilidad del proyecto.

#### 4.2.1 *Cálculo de cantidades materiales en la casa modelo*

En el proceso constructivo de la casa modelo fue necesario determinar las cantidades de materiales requeridos para la fundición de elementos estructurales. Uno de los cálculos más comunes en ingeniería estructural consiste en cuantificar el volumen de concreto y el peso de acero necesarios para cada elemento, garantizando la cantidad correcta del material y el cumplimiento del diseño.

Una de las funciones como ingeniero civil es calcular el acero y el concreto correspondientes a la fundición de las columnetas. Para ello se revisaron los planos estructurales, se identificaron las dimensiones y especificaciones técnicas, y se realizaron los cálculos.

A continuación, se presenta en la tabla 2 el resumen de los cálculos realizados.

**Tabla 2.**

*Cantidad de material para casa modelo*

Cantidades Columnetas-Casa Modelo			
	Díámetro	# de varillas	Peso Kg
<b>Acero</b>	1/4"	100	150
	3/8"	185	622
<b>Concreto</b>	Cemento	1878	Kg
	Arena	3,00	m <sup>3</sup>
	Triturado	3,00	m <sup>3</sup>
	Agua	1118	L
	Aditivos	-	-



#### 4.2.3 *Recepción de materiales en obra*

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron labores de recepción de materiales, principalmente cemento y acero. Al momento de la entrega se realizaba el conteo y verificación del material suministrado, comparándolo con la orden de compra y las cantidades solicitadas por la obra. Esta revisión incluía el estado físico del material, en especial en el caso del cemento, para evitar recibir unidades con humedad, así como la comprobación del calibre del acero como se evidencia en la figura 22.

#### **Figura 22.**

*Recepción de aceros del proveedor Matpico.*



Una vez verificada la conformidad del suministro, se procedía a firmar las facturas. Por último, se coordinaba su almacenamiento en la obra, con el fin de evitar pérdidas, riesgos de deterioro y asegurar la trazabilidad del inventario para las actividades programadas.

### 4.3 La programación en obra

Es el proceso a través del cual se identifican cuáles van a hacer las acciones o actividades a realizar para alcanzar los objetivos trazados en el cronograma de obra, este debe de ser desarrollado y se debe de asegurar que se cumpla todo lo plasmado en la planificación. La programación del proyecto proporciona un plan preciso y eficiente que representa la manera y el tiempo en que el proyecto entregará los productos (Casimiro Angulo & Muñoz Casas, 2022).

El seguimiento que se hacía a la programación de obra, se informaba al ingeniero residente sobre el porqué de los retrasos en el avance de obra como lo es:

#### 4.3.1 Barro en zanjas para tuberías de alcantarillado y red pluvial

A lo largo de la instalación de las redes sanitarias y pluviales fue común que, después de los periodos de lluvia, las zanjas se llenaran de agua y barro (figura 23). Esto no solo dificultaba el acceso de los trabajadores y la maquinaria, sino que también detenía el avance de la obra.

#### Figura 23.

*Evidencias de las afectaciones causadas por la lluvia.*



La situación generaba retrasos importantes, ya que estas redes forman parte de la ruta crítica del proyecto y deben ser instaladas antes de continuar con las otras redes de servicios. En varias ocasiones fue necesario suspender temporalmente los trabajos para retirar el barro.

Para tratar de minimizar el impacto, se optó por desviar el agua superficial utilizando costales rellenos con material del suelo, formando barreras que impedían que el agua llegara directamente a las excavaciones. Aunque no eliminó completamente el problema, esta medida permitió avanzar en algunos frentes de obra sin detener por completo la actividad.

#### ***4.3.2 Fallos geotécnicos en la vía***

Durante la revisión de la vía entregada por el contratista del movimiento de tierras, se identificaron y marcaron sectores donde se presentaban hundimientos al paso de volquetas cargadas (figura 24). Esta verificación se realizaba de manera rutinaria, ya que el tránsito de este tipo de vehículo permitía evaluar el comportamiento real del terreno y detectar fallos geotécnicos.

Al observar estos asentamientos diferenciales, se determinó que en algunos puntos era necesario realizar un mejoramiento de la vía antes de continuar con las actividades programadas. Estos hallazgos permitieron intervenir de manera oportuna los tramos afectados, evitando que los problemas se agravaran con el paso de maquinaria o con las siguientes etapas constructivas.

#### **Figura 24.**

*Marcación de fallos geotécnicos con cal.*



### 4.3.3 *Daños por lluvias*

Durante el desarrollo del proyecto frecuentemente las lluvias afectaron el avance de varios frentes de trabajo. En algunos casos, la acumulación de agua generaba inundaciones en zonas de excavación, esta situación retrasaba la ejecución de la actividad y obligaba a esperar a que las condiciones del terreno fueran apropiadas para continuar.

Las pendientes del proyecto concentraban el agua de escorrentía sobre sectores trabajados, generando afectaciones en la base granular ya vibro-compactada y entregada (figura 25). Este material, al erosionarse, perdía su capacidad estructural, lo que requería su corrección antes de continuar con la capa del pavimento.

Otra afectación recurrente se observó en los sardineles recién instalados. El flujo de agua los desplazaba y desalineaba. Para evitarlo se evaluaron varias alternativas hasta encontrar una solución eficiente: recubrir y fijar los sardineles con mortero, lo que permitió mantener su posición incluso después de periodos de lluvia.

#### **Figura 25.**

*Afectaciones causadas por la lluvia.*



#### 4.3.4 *Daño en tubería madre que suministra el agua al municipio*

Durante las labores de retiro del material producto del descapote se generó un daño en la tubería principal de abastecimiento de agua potable del municipio. Sobre esta línea existía una señal preventiva, sin embargo, fue omitida por el operario de la retroexcavadora, lo que ocasionó la perforación de la tubería terminando la recogida del descapote (figura 26).

Una vez identificado el daño se suspendieron las actividades en el sector y se informó de inmediato al acueducto municipal para gestionar la reparación. La intervención se realizó en un plazo aproximado de día y medio desde la notificación al acueducto, permitiendo restablecer el servicio sin mayores afectaciones a la comunidad.

La tubería perforada correspondía a una línea en PVC de 12” de diámetro, característica importante al momento de coordinar las uniones universales y demás materiales.

#### **Figura 26.**

*Daño a tubería de agua potable y reparación con uniones universales.*



#### 4.3.5 Demolición de rocas con maquinaria amarilla

Durante el desarrollo del proyecto se presentaron retrasos debido a la aparición de grandes formaciones rocosas en los ejes viales. Estas rocas tenían dimensiones aproximadas de 10 m x 5 m x 4 m y compuesta generalmente de caliza. Para su demolición fue necesario el uso de maquinaria amarilla, especialmente retroexcavadoras adaptadas con martillo neumático, con el fin de mejorar el rendimiento de la actividad.

La supervisión consistía en verificar que la maquinaria estuviera actuando sobre las rocas ubicadas exactamente en los ejes viales. Después, el material resultante era transportado y cubicado por el equipo de topografía. Durante esta actividad se presentaron varias fallas en el sistema hidráulico de la maquinaria, especialmente en las mangueras, lo que afectó los tiempos de ejecución (figura 27).

Debido a estos inconvenientes se evaluaron alternativas adicionales para acelerar el proceso, entre ellas el uso de pólvora, la cual finalmente permitió un mayor rendimiento en la demolición de las rocas.

#### Figura 27.

*Retrasos por fallas en el sistema hidráulico de la maquinaria*



## 5. Resultados

El método del cono y arena consiste en determinar la densidad del suelo compactado mediante la sustitución del volumen de un hueco excavado con arena calibrada. Posteriormente, la humedad del suelo se determina mediante el humedometro y el uso del carburo de calcio, permitiendo calcular la densidad seca y, finalmente, el porcentaje de compactación respecto al Proctor.

Los resultados obtenidos son empleados para la toma de decisiones en obra respecto a:

- calidad del relleno compactado
- autorización de avance constructivo
- necesidad de recompactación
- intervención de supervisión técnica

Por lo anterior, el ensayo constituye una herramienta esencial en el control de calidad de obras viales, urbanísticas y geotécnicas.

Durante la ejecución en campo es necesario obtener resultados de manera rápida para permitir el avance de las actividades constructivas y la toma de decisiones inmediatas. Con el propósito de mejorar el procesamiento de resultados de los ensayos de densidad in situ mediante el método del cono y arena, se desarrolló un código en MATLAB (figura 28) que permitió calcular los parámetros requeridos en tiempo real y almacenar automáticamente los resultados obtenidos durante la jornada.

A continuación, se presenta el código escrito en MATLAB:

### **Figura 28.**

*Código escrito en MATLAB para cálculos de ensayo del método de cono de arena.*

```

% Ensayo de densidad in situ - Método del Cono y Arena
% Autor: José Manuel González
% Fecha:

clc; clear;

% Encabezados
encabezado = 'Ensayo de densidad In Situ - Método del Cono y Arena ';
autor      = 'Realizado por: Ing. José M González';

% Tabla vacía (11 variables numéricas)
varNames = {'w1','w2','w3','w4','M3','W','V','M4','Pd','Proctor','Compactacion'};
Resultados = table('Size',[0 numel(varNames)], ...
    'VariableTypes', repmat({'double'},1,numel(varNames)), ...
    'VariableNames', varNames);

continuar = true;

while continuar
    %% 1) Entradas del usuario
    w1 = input('Ingrese el peso frasco + cono + arena inicial (g): ');
    w2 = input('Ingrese el peso frasco + cono + arena final (g): ');
    M3 = input('Ingrese el peso material extraído húmedo (g): ');
    W = input('Ingrese la humedad (%): ');

    %% 2) Constantes
    C = 1736; % g
    P1 = 1.42; % g/cm^3
    Proctor = 1.78; % g/cm^3

    %% 3) Cálculos
    w3 = w1 - w2; % g
    w4 = w1 - w2 - C; % g
    V = w4 / P1; % cm^3
    M4 = (100*M3)/(W + 100); % g
    Pd = M4 / V; % g/cm^3
    Compactacion = (Pd / Proctor) * 100; % %

    %% 4) Resultados en pantalla
    fprintf('\n%s\n%s\n', encabezado, autor);
    fprintf('-----\n');
    fprintf('Peso arena total usada (w3): %.2f g\n', w3);
    fprintf('Peso arena en el hueco (w4): %.2f g\n', w4);
    fprintf('Volumen del hueco (V): %.2f cm^3\n', V);
    fprintf('Peso material seco (M4): %.2f g\n', M4);
    fprintf('Densidad seca del suelo (Pd): %.3f g/cm^3\n', Pd);
    fprintf('Compactación respecto al Proctor: %.2f %%\n\n', Compactacion);

    %% 5) Agregar fila a la tabla
    Resultados(end+1, :) = {w1, w2, w3, w4, M3, W, V, M4, Pd, Proctor, Compactacion};

    %% 6) Nuevo ensayo
    resp = input('¿Desea ingresar otro ensayo? (si/no): ', 's');
    if lower(resp) ~= 's'
        continuar = false;
    end
end
end

```

Nota: Código escrito en MATLAB.

Las entradas que debe ingresar el usuario como se observa en la figura 28 son los valores que se toman en el momento de realizar el ensayo del cono y arena. El primero es la masa de

todo el conjunto inicial, después solicita la masa final que quedo en el frasco, el tercer dato es el peso de todo el material extraído húmedo y por último la humedad del mismo suelo.

Las constantes previas que se deben saber o calcular son: la constante del Cono, la densidad de la arena y el valor del Proctor con el cual se hace la comparativa porcentual. Los cálculos numéricos realizados, están basados en la norma invias E-161 (INVIAS, 2013).

Los resultados obtenidos por el programa son la arena total empleada en el ensayo, la arena que ocupo el hueco, el volumen del hueco, el peso del material seco, la densidad seca del suelo y el resultado más importante el porcentaje de compactación respecto al Proctor.

### **5.1 Recomendaciones para realizar el ensayo**

1. Antes de iniciar, verificar que la platina esté completamente apoyada y en contacto con el suelo a ensayar.
2. Antes de la excavación, clavar el puntero en forma de cruz (4 veces) con el fin de detectar la presencia de piedras de gran tamaño que puedan interferir con el proceso.
3. Para unificar los ensayos con gran número de muestras, es recomendable fijar las masas utilizadas para la determinación de humedad, cantidad de material y cantidad de carburo.
4. Marcar el puntero con la profundidad objetivo del hueco, dependiendo del volumen requerido y de las características del suelo.
5. Verificar el correcto nivel de la balanza antes de cada medición.
6. En la válvula del frasco de arena, realizar una marca +, indicando el sentido de apertura y cierre para evitar errores al levantar el conjunto.
7. Retirar el material excavado en bolsas herméticas para evitar pérdida de humedad durante el ensayo y reducir el uso de recipientes adicionales.

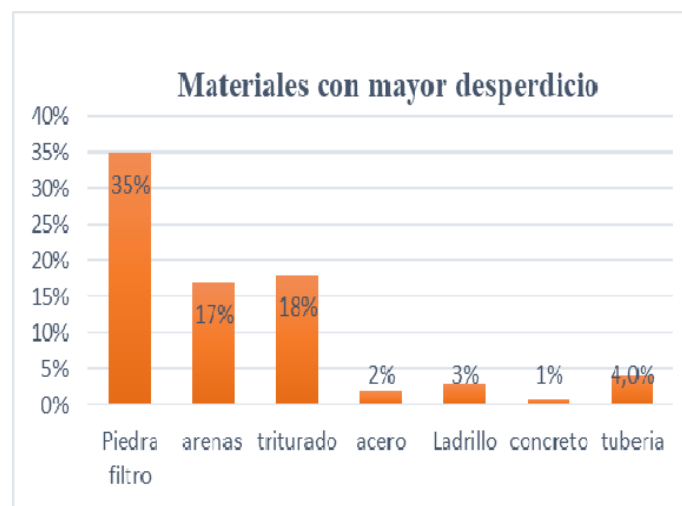
8. Introducir las esferas metálicas en el humedometro o Speedy con cuidado, evitando golpes que puedan descalibrar el manómetro.
9. Evitar realizar ensayos en superficies con hundimiento, únicamente bajo el peso de la porra, ya que suelen presentar compactaciones menores al 80 %.
10. Considerar el efecto del viento, el cual puede alterar los valores registrados de masa.
11. Apisonar el fondo del hueco con el puntero, para evitar la contaminación de la arena que se empleara en el ensayo.
12. Evitar realizar el ensayo en presencia de vibraciones cercanas (por maquinaria o vibro compactación). En caso necesario, solicitar la suspensión temporal de dicha actividad.
13. Debido al fuerte olor del carburo de calcio, utilizar mascarilla, guantes y gafas de seguridad durante el manejo del reactivo.
14. Calcular periódicamente la constante del cono, ya que puede variar por la contaminación de la arena y su reutilización.
15. Caracterizar previamente el suelo a ensayar, especialmente en proyectos de gran extensión donde puedan existir distintos tipos de suelos y, por ende, diferentes Proctor.
16. Ser precisos al momento de anotar las cantidades y calcular los resultados obtenidos según los ensayos aplicados, ya que la visualización de los datos en los dispositivos digitales como la balanza pueden ser subjetivos, provocando datos erróneos.
17. Realizar el ensayo únicamente cuando las condiciones ambientales lo permitan. Evitar hacerlo a la intemperie durante lloviznas, ya que la arena puede modificar sus propiedades y el carburo puede humedecerse.
18. Debido a que el equipo no se entrega de manera completa, es recomendable utilizar de un carro de herramientas que permita organizar y transportar todos los instrumentos.

## 5.2 Desviaciones y desperdicios de materiales

La figura 29 “Materiales con mayor desperdicio” evidencia que los mayores porcentajes de pérdida se concentran en los materiales granulares utilizados en los procesos de relleno, de los filtros. La piedra filtro presenta el mayor nivel de desperdicio con un 35% (figura 30), seguida del triturado (18%) y las arenas (17%). Estos valores son las características físicas de dichos materiales, los cuales son usados en grandes volúmenes y movidos mediante maquinaria como retroexcavadoras o minicargadores, lo que aumenta la posibilidad de pérdidas en el transporte y extendido.

### Figura 29.

*Materiales con mayor desperdicio en el proyecto Central Park.*



Los materiales como el acero (2%), el ladrillo (3%), el concreto (1%) y la tubería (4%) muestran porcentajes reducidos de desperdicio en comparación con la piedra filtro, las arenas y el triturado. Estos datos son aproximaciones al consumo y fueron recogidos en compañía del ingeniero residente.

**Figura 30.**

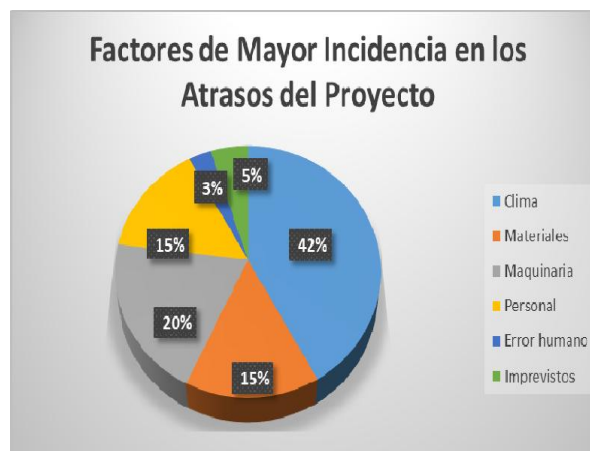
*Desperdicio de piedra filtro.*



La distribución del desperdicio permite concluir que los materiales con menor valor unitario pero mayores volúmenes tienden a presentar mayores pérdidas en obra, principalmente por el manejo que se tiene con estos. Aunque individualmente estos materiales son económicos, su desperdicio acumulado puede impactar negativamente el costo total del proyecto debido a reprocesos, compras adicionales no previstas y tiempos improductivos.

**5.3 Atrasos en el cronograma del proyecto.****Figura 31.**

*Principales atrasos del proyecto Central Park*



La figura 31 titulada “Factores de Mayor Incidencia en los Atrasos del Proyecto” muestra la distribución porcentual de las principales causas que afectaron el cronograma de obra durante el desarrollo de la práctica empresarial. Se observa que el factor con mayor incidencia corresponde al clima, con un 42%, lo cual evidencia la alta dependencia de las actividades constructivas respecto a las condiciones climáticas. Las lluvias afectaron directamente procesos como excavaciones, rellenos y compactación de suelos, generando interrupciones temporales y reprogramación de frentes de trabajo.

El segundo factor corresponde a la maquinaria, con un 20%, por causa principalmente a mantenimientos, fallas no previstas y tiempos improductivos derivados de la disponibilidad de equipos para ciertas actividades como la demolición de rocas en los ejes viales. Por otra parte, los retrasos asociados a la gestión de materiales y a la disponibilidad de personal representaron cada uno el 15%. En el caso de materiales, los retrasos fueron producto del suministro por parte de los proveedores, mientras que en el caso del personal se presentaron dificultades relacionadas con escases de mano de obra.

Finalmente, los imprevistos y el error humano representaron el 5% y 3% respectivamente, porcentajes bajos pero que demuestran la presencia de factores no controlables. Este análisis permite concluir que los atrasos del proyecto fueron principalmente por factores de clima y maquinaria, resaltando la importancia de la planificación, la programación flexible y la gestión.

## 6. Conclusiones

La práctica empresarial desarrollada en el proyecto urbanístico Central Park, permitió complementar la formación académica con la experiencia directa en campo. A partir de las actividades realizadas y de los resultados obtenidos, se puede concluir:

La práctica formó un lugar apropiado para aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera de ingeniería civil, en aspectos relacionados con la supervisión de obras, el cálculo de cantidades de obra y el control de materiales, el seguimiento al avance de obra y la ejecución de ensayos de calidad como compactación y elaboración de cilindros de prueba para hormigón.

Se identificó que la falta de supervisión y control en la mano de obra puede afectar negativamente el rendimiento, generando sobrecostos y un uso ineficiente de recursos.

Se logró aportar al sistema de gestión de calidad de la empresa al realizar la trazabilidad de procesos como el control de densidades en los rellenos y el seguimiento de los resultados de laboratorio en resistencias de cilindros de concreto ensayados a los 7 y 28 días.

La correcta administración de los recursos y la reducción de desperdicios en obra se traduce en beneficios económicos para la empresa, dado que optimiza los consumos y disminuye las pérdidas por reprocesos.

Se determinó que la falta de una adecuada gestión en la ejecución puede generar desfases entre lo programado y lo ejecutado, provocando retrasos, incrementos de costos y afectaciones a la utilidad del proyecto.

Se profundizó en la aplicación del método del cono y arena, alcanzando un total de 135 densidades, archivadas por parte del equipo de gestión de calidad de la empresa, para llevar trazabilidad a los rellenos.

Durante los ensayos se concluyó que su tiempo demora esta entre de 15 y 20 minutos, teniendo en cuenta el tiempo del ensayo se sugiere que el material extraído debe ser almacenado en bolsas herméticas para aumentar la precisión de los resultados.

Los resultados obtenidos en campo permitieron concluir que el método de la arena es un procedimiento confiable para el cálculo de densidades, debido a que permite medir directamente la compactación del estrato ensayado, reduciendo la incertidumbre de métodos indirectos o no destructivos.

Finalmente se evidencio que la construcción de redes de servicios públicos domiciliarios es una actividad indispensable para el desarrollo urbanístico. Sin embargo, en contextos con el crecimiento poblacional, la ejecución de estas redes de infraestructura implica impactos ambientales y sociales que deben ser gestionados adecuadamente para garantizar la sostenibilidad del proyecto y la comunidad.

### Referencias Bibliográficas

Alfaro Cordero, M. (2018). Propuesta de una metodología para la administración de proyectos de topografía en obras civiles. Costa Rica. Obtenido de <https://www.ucipfg.com/biblioteca/files/original/56790a36b6fad10bddbd0d61dcdb5791.pdf>

Asprilla Lara, Y., & Castro Valencia, D. (2016). Los Planes de Manejo Ambiental (PMA): una herramienta de control a los impactos ambientales que generan la instalación de redes servicios públicos domiciliarios en Colombia. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/12125/12683>

Brand, P. C. (2001). La planeación urbana y las ciencias sociales en Colombia. Revista de Estudios Sociales, 20-30. Obtenido de <https://journals.openedition.org/revestudsoc/27776>

CasaLinda. (2024). Manual de Calidad.

Casimiro Angulo, C. A., & Muñoz Casas, J. L. (2022). Guía de gestión de proyectos de obras civiles medianas para reducir los desfases entre la programación y la ejecución de obra. Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/69d63c2b-d46f-407c-bbec-ef6f371ba9de/content>

DANE, D. A. (2023). Censo Nacional de Población y Vivienda. Infografía municipio El Socorro. Obtenido de

[https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/68755\\_infografia.pdf](https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/68755_infografia.pdf)

García Reyes, J., Echeverry Campos, D., & Mesa Hernández, H. (2017). Gerencia de proyectos: Aplicación a proyectos de construcción de edificaciones. Bogotá: Ediciones Uniandes.

Obtenido de <https://books.google.com.co/books?hl=pt-BR&lr=&id=xJXGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Etapas+de+un+proyecto+de+co>

nstrucci%C3%B3n&ots=2AWFSzuKEn&sig=NKdXJ3JCIUBliRphqcV9nGh0TDw&red  
ir\_esc=y#v=onepage&q=Etapas%20de%20un%20proyecto%20de%20construcci%C3%  
B3n&f=false

ICONTEC, N. T.-I. (2015). Sistemas de gestión de la calidad -Requisitos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Obtenido de <https://icfe.gov.co/site/wp-content/uploads/2023/12/NORMA-ISO-9001-2015-1.pdf>

INVIAS. (2013). Obtenido de Relaciones humedad - Peso unitario seco en los suelos (ensayo de compactación): <https://www.invias.gov.co/publicaciones/4154/documentos-tecnicos/>

INVIAS. (2013). DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO POR EL MÉTODO DEL CONO Y ARENA INV E-161. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/publicaciones/4154/documentos-tecnicos/>

INVIAS. (2022). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras ART 330. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/publicaciones/4154/documentos-tecnicos/>

Mattos, A. D., & Valderrama , F. (2014). Métodos de Planificación y Control de Obras del Diagrama de barras al BIM. Barcelona: Editorial Reverté. Obtenido de <https://www.ribbonsoftware.es/pdf/Usar-Presto/Libro-Metodos-de-planificacion-y-control-de-obras.pdf>

Miguel, A., Torres Valdez , J. C., & Maldonado Cruz, P. (2011). Fundamentos de la Planificación Urbano Regional. OAXACA, MÉXICO. Obtenido de <https://www.eumed.net/libros-gratis/2011b/943/943.pdf>

MinAmbiente. (2025). Ministerio del Medio Ambiente. Obtenido de <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/temas-planeacion-y-seguimiento/47-tema-inicial>

Ministerio de Ambiente, V. y. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (Vol. Titulo I. Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes). Bogotá D.C.

Pérez Jubiz, C. (2025). CPJ Ingenieria y Construcciones SAS. Obtenido de <https://www.cpj.com.co/proyectos-de-urbanismo/>

Sierra Pérez, E., & Varela Paternina , M. (2012). Correlación entre el método Geogauge y el método del cono de arena para determinar la densidad del suelo en campo. Barranquilla. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/server/api/core/bitstreams/169bd2e0-c832-4979-9d21-d691574970e5/content>

Tiktin Ferreiro, J. (1995). Movimiento de tierras (Vols. 84-7493-204- 1). Madrid, España. VIEW, D. F. (2025). Obtenido de <https://pt.dwgfastview.com/>

Yepes Piqueras , V. (2020). Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención. España: Editorial Universitat Politecnica de Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstreams/22dfc85f-48c8-4bdf-ab47-5cf0877da78a/download>