

EQUIPOS Y TERRATEST S.A.S.

Contratista - Demandante

C.

ARPRO ARQUITECTOS INGENIEROS S.A.

Contratante / Comitente - Demandado

**DICTAMEN DE CONTRADICCIÓN AL DICTAMEN TÉCNICO PRESENTADO POR
INGENIERÍA Y GEORIESGOS IGR S.A.S DE PARTE DE EQUIPOS Y TERRATEST, EN
RELACION CON EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS CIMENTACIONES
PROFUNDAS EN EL PROYECTO CONNECTA 80 – BOGOTÁ D.C.**

**CENTRO DE ARBITRAJE Y CONCILIACIÓN
CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ**

16 de diciembre de 2024

*Bernardo Gamboa
Álvaro Díaz*



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. OBJETO Y ALCANCE DEL DICTAMEN	4
1.2. METODOLOGÍA E INFORMACIÓN UTILIZADA	5
1.3. TÉRMINOS UTILIZADOS	5
1.4. DECLARACIÓN DE INDEPENDENCIA	8
2. RESUMEN EJECUTIVO	9
2.1. SOBRE LO QUE MENCIONA EL PERITO DE EYT EN RELACIÓN CON LA INFLUENCIA DEL SUELO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO	9
2.2. LO QUE MENCIONA EL PERITO DE EYT SOBRE EL PROCESO DE FUNDICIÓN DE CONCRETO	13
3. LO QUE MENCIONA EL PERITO DE EYT EN RELACIÓN CON LA INFLUENCIA DEL SUELO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO	15
3.1. RESPECTO AL REQUISITO NORMATIVO EN CUANTO A CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE SONDEOS PARA ESTUDIOS GEOTÉCNICOS SEGÚN EL DICTAMEN DE IGR	15
3.1.1. EL ANÁLISIS DEL PERITO DE EYT	15
3.1.2. LO QUE CONCLUYÓ EL PERITO DE EYT	19
3.1.3. ANÁLISIS DE GPS	19
3.2. RESPECTO AL REQUISITO NORMATIVO EN CUANTO A LA PROFUNDIDAD MÍNIMA DE LOS SONDEOS PARA ESTUDIOS GEOTÉCNICOS MENCIONADA EN EL DICTAMEN DE IGR	21
3.2.1. EL ANÁLISIS DEL PERITO DE EYT	22
3.2.2. LO QUE CONCLUYE EL PERITO DE EYT	22
3.2.3. ANÁLISIS DE GPS	23
3.3. RESPECTO A LA CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL SUBSUELO	24
3.3.1. EL ANÁLISIS DEL PERITO DE EYT	25
3.3.1.1. PERFIL ESTRATIGRÁFICO	25
3.3.1.1. PRESENCIA DE SUELOS ORGÁNICOS, TURBAS Y CENIZAS	26
3.3.2. LO QUE CONCLUYE EL PERITO DE EYT	29
3.3.3. ANÁLISIS DE GPS	30
3.4. EN CUANTO A LA INFLUENCIA DE LOS SUELOS ORGÁNICOS, TURBAS EN LAS ANOMALÍAS QUE PRESENTARON ALGUNOS ELEMENTOS DE LA CIMENTACIÓN PROFUNDA	33
3.4.1. EL ANÁLISIS DEL PERITO DE EYT	34
3.4.2. LO QUE CONCLUYE EL PERITO DE EYT	35
3.4.3. ANÁLISIS DE GPS	35
3.5. CONCLUSIONES DE GPS	36

4. LO QUE MENCIONA EL PERITO DE EYT SOBRE EL PROCESO DE FUNDICIÓN DE CONCRETO	38
4.1. RESPECTO A LA MANEJABILIDAD DEL CONCRETO INSUFICIENTE CON RESPECTO AL TIEMPO DE VACIADO DE HORMIGÓN EN LOS ELEMENTOS	38
4.1.1. EL ANÁLISIS DEL PERITO DE EYT	38
4.1.2. LO QUE CONCLUYE EL PERITO DE EYT	41
4.1.3. ANÁLISIS DE GPS.....	41
4.2. RESPECTO A LA RATA DE SUMINISTRO DE CONCRETO.....	42
4.2.1. EL ANÁLISIS DEL PERITO DE EYT.....	42
4.2.2. LO QUE CONCLUYE EL PERITO DE EYT	45
4.2.3. ANÁLISIS DE GPS.....	45
4.2.3.1. ANÁLISIS DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN QUE PRESENTARON DEFECTOS MENORES DE CALIDAD.....	66
4.3. CONCLUSIONES	73
<u>LISTADO DE ANEXOS</u>	<u>75</u>
<u>LISTADO DE APENDICES.....</u>	<u>75</u>
<u>LISTA DE TABLAS.....</u>	<u>76</u>
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	<u>77</u>

1. INTRODUCCIÓN

1. Este Dictamen de Contradicción fue preparado por Global Project Strategy SAS (en adelante “GPS”) por solicitud de ARPRO/TERRANUM bajo la dirección del Ingeniero Bernardo Gamboa, con el apoyo del ingeniero Álvaro Díaz y un equipo interdisciplinario de GPS.
2. Contiene una opinión técnica independiente, que da respuesta a los análisis de carácter técnico del Dictamen Pericial elaborado por la firma Ingeniería y Georriesgos IGR S.A.S. (en adelante “IGR”), en relación con las condiciones del subsuelo y su posible incidencia en las afectaciones de algunos elementos de la cimentación profunda del COMPLEJO EMPRESARIAL CONNECTA 80 (en adelante el “Proyecto”), y sobre las condiciones del proceso constructivo que fueron afectadas, en particular, en lo relacionado con el suministro del concreto.
3. Es importante recordar que, para la construcción de una parte de la Fase 1A, ARPRO contrató a la empresa EQUIPOS Y TERRATEST S.A.S. (en adelante “EYT”), mediante el Contrato No. 2100009 (en adelante el “Contrato”),¹ suscrito el 05 de abril de 2021, cuyo Objeto es la “Ejecución Cimentación Profunda Del Complejo Empresarial Connecta 80”, (en adelante el “Proyecto”)
4. Para dar respuesta al dictamen de IGR, GPS soporta parte de los argumentos, en los resultados obtenidos en el dictamen técnico ya presentado (en adelante “GPS1”)² y sus documentos anexos y apéndices incluidos.

1.1. OBJETO Y ALCANCE DEL DICTAMEN

5. El objeto de este Dictamen de Réplica es revisar los análisis y conclusiones del Informe pericial presentado por IGR de fecha 18 de septiembre de 2024, y presentar una opinión técnica independiente en relación con el documento PERITAJE TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS CIMENTACIONES PROFUNDAS EN EL PROYECTO CONNECTA 80 – BOGOTÁ D.C. elaborado por INGENIERIA Y GEORRIESGO IGR S.A.S., en relación con los siguientes aspectos
 - A. Analizar lo expresado por IGR en relación con las condiciones de subsuelo encontradas en el Proyecto y las posibles incidencias en los defectos de calidad durante la construcción de algunos elementos de cimentación profunda a cargo de EYT.
 - B. Analizar lo manifestado por IGR en relación con la manejabilidad insuficiente e incumplimiento de la rata de suministro de concreto por ARPRO/TERRANUM para los elementos de la cimentación profunda bajo su alcance.
6. Para lograr el objeto del Dictamen de Réplica, GPS realizó el análisis técnico, de los eventos, las metodologías, los análisis y los resultados presentados por IGR en su Dictamen.

¹ Ver GPS1, Anexo GPS-002.

² Dictamen GPS1.

7. Los análisis y conclusiones presentados consideran únicamente aspectos de carácter técnico, vinculados a las áreas de la ingeniería, construcción y gerenciamiento de proyectos; por lo tanto, GPS no pretende brindar opiniones sobre aspectos legales o regulatorios que puedan estar en controversia entre las Partes

1.2. METODOLOGÍA E INFORMACIÓN UTILIZADA

8. Para lograr el objeto del Dictamen, GPS utilizó información y documentación adicional contemporánea del Proyecto, recopilada y entregada por ARPRO/TERRANUM por solicitud de GPS. También sostuvo reuniones con personas claves que participaron en el Proyecto por parte de ARPRO, PAYC (Firma de Interventoría delegada para el Proyecto) y TERRANUM, con el propósito de conocer detalles de algunos conceptos incluidos por IGR en su informe.
9. GPS analizó la información suministrada de la Cimentación del Proyecto tales como las hojas de vida de elementos a cargo de EYT entre Pilotes, Barretes, Pantallas y Pantalones, donde se registró la información de los procesos constructivos, además de los controles de calidad realizados y el registro fotográfico de defectos de calidad y otros, encontrados en elementos ejecutados por EYT.
10. Para lograr los objetivos del Dictamen, GPS desarrolló un análisis de los tiempos de la actividad de fundida de concreto para algunos elementos ejecutados por EYT que tuvieron mayor cantidad de concreto o mayor volumen.
11. La numeración de nuevos Anexos incluidos por GPS en el presente Dictamen, continúa con la secuencia de la numeración presentada en el anterior Dictamen “GPS1”, a partir del Anexo GPS-089.

1.3. TÉRMINOS UTILIZADOS

12. A continuación, en la siguiente tabla, se presenta el significado de los términos técnicos utilizados en el presente Dictamen.

Tabla 1. Términos Utilizados en el Documento.

TÉRMINO	DEFINICIÓN
Barrete	Es un elemento estructural de sección rectangular, que puede actuar como receptor de carga vertical o como contrafuerte. Su ejecución es igual a la del muro pantalla. ³ Normalmente tienen una sección en I, H, L o T en planta. También se denomina cimentación profunda.
Cimentación profunda	Tipo de cimentación que transfiere la carga estructural a través de capas de terreno débil a estratos de capacidad adecuada (pilotes y elementos portantes). En esta guía también se refiere a muros de contención especiales, tales como muros pantalla y pantallas de pilotes secantes.

³ Ver GPS1, Anexo GPS-003.

TÉRMINO	DEFINICIÓN
Concreto	Es un material compuesto heterogéneo que combina una matriz endurecida de cemento hidráulico con agregados, diseñado para ser trabajado y moldeado en su estado fresco, y que desarrolla propiedades mecánicas y durabilidad óptimas una vez endurecido.
Consistencia*	Movilidad relativa, o capacidad del hormigón fresco para fluir; es decir, un indicador de su trabajabilidad.
Durabilidad	Capacidad de un material (por ejemplo, hormigón) para resistir la acción de la intemperie, el ataque químico, la abrasión, y otras condiciones de servicio.
Ecurrimiento	El resultado del ensayo llevado a cabo según las normas EN 12350-8 o ASTM C1611
Especificación (para el hormigón)	Recopilación final de los requisitos técnicos documentados dados al suministrador de hormigón en términos de prestaciones o composición.
Estabilidad	Resistencia del hormigón a la segregación, a la exudación y a la filtración.
EYR	Corresponde a la firma de ingeniería Espinosa y Restrepo que hizo el análisis y estudio de suelo del Proyecto.
Fluidez (capacidad para fluir)	Facilidad de flujo del hormigón fresco cuando no está confinado por un encofrado y/o armadura.
Fluido de soporte	Fluido utilizado durante la excavación para soportar las paredes de una zanja o de un pilote (perforado)
Fundida de Concreto	La fundida de concreto también conocido como hormigón en cimentaciones profundas se refiere al proceso de verter y compactar concreto en elementos estructurales como pilotes, caissons, pilas u otros elementos, para soportar estructuras en suelos con poca capacidad de carga superficial. Este proceso tiene como objetivo garantizar que el concreto llene completamente la excavación o el molde del elemento de cimentación, logrando la resistencia y la estabilidad necesarias.
Hormigón	Material generado a partir de la mezcla de conglomerante, áridos finos y gruesos, y agua, con o sin aditivos y adiciones, que obtiene sus propiedades de dureza a través de la hidratación.
Hormigón fresco	Hormigón que está totalmente mezclado, que conserva la capacidad de flujo, y todavía está en condiciones de ser puesto en obra mediante el método elegido. (Ver hormigón Tremie).
Hormigón Tremie	Hormigón con la capacidad de lograr la compactación completa debida al peso propio cuando se coloca con tubo Tremie en una cimentación profunda, en condiciones sumergidas.
Manejabilidad del Concreto	Es una característica del concreto fresco que se refiere a la facilidad con la que puede ser mezclado, manejado, transportado, colocado, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad,
Método Tremie (hormigón sumergido o método de desplazamiento del lodo)	Método de colocación del hormigón mediante el uso de un tubo Tremie, con el fin de evitar la segregación del hormigón y su contaminación por el fluido en el interior de la excavación, donde el tubo Tremie, después de la colocación inicial, permanece sumergido en el hormigón previamente colocado y trabajable hasta la finalización del proceso de hormigonado.
Muro pantalla	Es un elemento estructural de sección rectangular excavado por medios mecánicos hasta el nivel especificado en el estudio de suelos. El muro en si es una sucesión de paneles adyacentes que se excavan en forma independiente. Para la estabilización de las paredes durante el proceso de excavación se utiliza un lodo polimérico o bentónico. Cuando se llega a la profundidad especificada se introduce una canasta de refuerzo y posteriormente se vierte concreto por medio de la tubería Tremie. También se denomina cimentación profunda.
Lentes en suelos	Se refiere a capas o depósitos delgados de material específico dentro de un perfil de suelo. Estas "lentes" suelen diferenciarse del material circundante por sus características físicas, químicas o texturales.

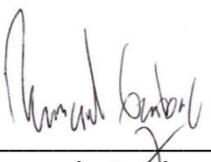
TÉRMINO	DEFINICIÓN
Lodo Polimérico	Es un fluido de perforación utilizado en aplicaciones geotécnicas, geológicas y de ingeniería civil. Se compone principalmente de agua mezclada con polímeros sintéticos o naturales, que mejoran sus propiedades reológicas (como viscosidad y estabilidad). Este lodo se emplea para estabilizar excavaciones y perforaciones, controlar la pérdida de fluidos y minimizar el daño al entorno geológico circundante.
Pantalones	Es un elemento estructural de sección rectangular que hace parte de un muro pantalla. Se diferencia de los demás elementos que conforman un muro pantalla por su mayor longitud. También se denomina cimentación profunda.
Penetración estándar (SPT)	Es una prueba de campo ampliamente utilizada en geotecnia para evaluar las propiedades mecánicas del suelo, como su resistencia al corte y densidad relativa. Consiste en hincar un tubo muestreador estándar en el suelo mediante golpes controlados de un martillo con un peso y caída específicos, y registrar el número de golpes necesarios para penetrar los últimos 30 cm de una profundidad determinada.
Pilote perforado (pilote in situ)	Pilote realizado con o sin revestimiento de acero mediante la excavación o perforación de un agujero en el terreno que se llena de hormigón (con o sin armadura). También se denomina cimentación profunda.
Piloteador	Se refiere al equipo o máquina especializada utilizada en la instalación de pilotes en el terreno para cimentaciones profundas. En este caso, hace referencia al operador de este equipo.
Piezocono	Es un método de prueba técnica geotécnica utilizada para caracterizar las propiedades del suelo in situ. Es una versión avanzada del ensayo de penetración de cono (CPT), que incorpora la medición de presiones de poro durante la penetración del cono.
Resistencia a la segregación	Capacidad del hormigón de mantener una composición homogénea en su estado fresco.
Retención de la trabajabilidad	Mantenimiento de las propiedades especificadas del hormigón fresco, como el flujo y el asentamiento, por la duración especificada.
Solidez (del hormigón fresco)	Capacidad de la mezcla de hormigón de mantener sus propiedades en estado fresco pre y post-hormigonado a pesar de variaciones menores aceptables en la precisión de la dosificación y en las propiedades de las materias primas.
Toma de Muestras Split Spoon	Es una técnica utilizada en geotecnia para recolectar muestras de suelo durante la ejecución del ensayo de penetración estándar (SPT). El Split Spoon es un tubo muestreador partido longitudinalmente en dos mitades, diseñado para obtener muestras disturbadas (alteradas) de los estratos de suelo a diferentes profundidades.
Suelos orgánicos	son aquellos que contienen una alta proporción de materia orgánica en su composición, formada principalmente por restos de plantas, animales y microorganismos en diversos estados de descomposición.
Tensión de fluencia	Esfuerzo de corte necesario para llegar a iniciar el flujo. También denominado “tensión de fluencia estática”
Tixotropía	Tendencia de un material a la pérdida progresiva de la fluidez cuando está en reposo pero que recupera su fluidez cuando se le aplica un esfuerzo de corte
Trabajabilidad*	Característica del hormigón recién mezclado que determina la facilidad con la que se puede mezclar, colocar, compactar, y acabar.
Tubo Shelby	Es un tipo de muestreador cilíndrico utilizado en geotecnia para recolectar muestras inalteradas de suelos cohesivos. Estas muestras se emplean en pruebas de laboratorio para determinar propiedades como resistencia, permeabilidad, compresibilidad y contenido de humedad, conservando la estructura y características originales del suelo.
Tubo Tremie / Tremie	Tubo en tramos con juntas impermeables, coronado por una tolva.
Turba	Es un tipo de suelo orgánico compuesto principalmente por material vegetal parcialmente descompuesto, que se acumula en ambientes saturados de agua y pobres en oxígeno, como pantanos, ciénagas y turberas. Debido a las condiciones anaeróbicas,

TÉRMINO	DEFINICIÓN
	el proceso de descomposición es lento, lo que permite la acumulación de materia orgánica rica en carbono.

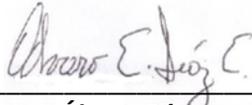
1.4. DECLARACIÓN DE INDEPENDENCIA

13. Las declaraciones y demás aspectos mencionados en el Dictamen GPS1⁴ se mantienen para el presente Dictamen.

14. El presente Dictamen se firma en Bogotá a los diez y seis (16) días del mes de diciembre el año dos mil veinticuatro (2024).



Bernardo Gamboa



Álvaro Díaz

⁴ Dictamen Pericial sobre la Construcción de la Cimentación Profunda del Proyecto Complejo Empresarial Connecta80 Fase 1, de fecha del 6 de noviembre de 2024.

2. RESUMEN EJECUTIVO

15. Para la construcción de la Fase 1A del Proyecto COMPLEJO EMPRESARIAL CONNECTA 80, ARPRO contrató a la empresa EQUIPOS Y TERRATEST S.A.S. (EYT), mediante el Contrato No. 2100009 la Ejecución de la Cimentación Profunda.
16. Como sustento a la demanda presentada por EYT a ARPRO, EYT presentó a través de la firma Ingeniería y Georriesgos IGR S.A.S. (IGR) un informe pericial, el cual está enfocado en argumentar i) lo relacionado con influencia del suelo en el proceso constructivo y de la calidad de las obras a cargo de EYT y ii) el impacto en la calidad, por el proceso de fundida del Concreto afectado por la manejabilidad y la rata de suministro.

2.1. SOBRE LO QUE MENCIONA EL PERITO DE EYT EN RELACIÓN CON LA INFLUENCIA DEL SUELO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

17. Para determinar la influencia de los suelos en la calidad de los elementos de la cimentación del Proyecto, el perito de EYT analizó los aspectos del cumplimiento de la normatividad vigente respecto a la cantidad, distribución y profundidad de los sondeos del estudio de suelos del Proyecto, la caracterización geomecánica del subsuelo y finalmente, la influencia de suelos orgánicos, turbas y cenizas en las anomalías que presentaron algunos elementos de la cimentación profunda.

Sobre la normativa en cuanto a la cantidad y distribución de Sondeos

18. Sobre el aspecto normativo de los sondeos del estudio de suelos, respecto a la cantidad y distribución, IGR menciona que pese a que se realizaron 21 sondeos, los especificados según los criterios de la Norma NSR-10, estos se cumplieron parcialmente. Según IGR, las deficiencias en el número de sondeos y su distribución comprometieron la evaluación de las condiciones del subsuelo y afectaron la calidad de las estructuras construidas.
19. Esta conclusión de IGR, sobre la relación de causalidad entre el número de sondeos y la profundidad de algunos sondeos con la calidad de algunos elementos construidos por EYT no existe técnicamente. El perito IGR busca excusar a EYT de los problemas constructivos que derivaron en los problemas de calidad de algunos elementos de la cimentación profunda, con un incumplimiento normativo, que para este caso es irrelevante, porque no está en discusión la calidad del diseño, ni la estabilidad de la obra, si no con la calidad en la ejecución de algunos elementos a cargo de EYT.
20. Después del análisis GPS considera que, EYT como experto reconocido en la construcción de cimentaciones profundas en los suelos de Bogotá, debió advertir en el proceso de oferta y durante la ejecución del Proyecto, si había una supuesta insuficiencia de la información proporcionada en el Estudio de Suelos para planificar y ejecutar la obra sin contratiempos, pero esto nunca sucedió.
21. Un estudio de suelos se define como un análisis que incluye investigaciones de campo y pruebas de laboratorio para determinar las características del suelo que influyen en el diseño y la

estructuras que se vaya a construir. Para el diseño, un adecuado reconocimiento del suelo es esencial para predecir el comportamiento del terreno frente a cargas estructurales.

22. El propósito del estudio de suelos es determinar las características del subsuelo que den la información suficiente para el diseño de las fundaciones. La información de los sondeos permite proyectar cómo es el subsuelo y entre mayor número de sondeos menor posibilidad de desviaciones. Sin embargo para el Proyecto, el mejor estudio de suelos fue el realizado por EYT durante la ejecución de los trabajos, ya que iba evidenciando desviaciones sobre lo que se había proyectado con base en los sondeos y salvo los eventos que fueron advertidos por EYT que impactarían en el Proyecto (como el caso de la presencia de “cenizas”), y que fueron atendidos y concertados por las Partes. EYT no encontró o no evidenció otras desviaciones a las condiciones del subsuelo indicadas en el Estudio que pudieran haber afectado la constructabilidad del Proyecto o que el suelo fuera diferente al proyectado con base en la información de los sondeos.
23. Por otra parte, en la propuesta técnica de EYT quedó establecida como requisito para los trabajos de Muros Pantalla y Barretes, la información necesaria previa a la ejecución⁵. Entre esta información se encontraba, la geotécnica, las características geométricas de armaduras y el perfil estratigráfico, entre otras, lo cual de acuerdo con lo acontecido en el Proyecto, da a entender que EYT contó siempre con la información necesaria para la realización de las obras de su alcance, y que en opinión de GPS, esta fue suficiente para la planeación de los procesos constructivos.
24. El proceso de excavación de cada elemento constituyó una oportunidad para identificar y analizar los materiales extraídos, lo que permitía validar o ajustar el perfil estratigráfico inicial y anticiparse a problemas en la ejecución. Este análisis detallado, como quedó evidenciado durante la excavación de la pantalla No 129 en rellenos complejos⁶, habría facilitado la resolución de problemas y mejorado la planeación de los elementos restantes de la cimentación.
25. También se observó que los materiales excavados coincidieron con los previstos en el estudio de suelos y la zonificación geotécnica, demostrando que los sondeos realizados eran adecuados para planificar la constructabilidad de la cimentación. Según la opinión de experto de GPS, EYT debió evaluar los materiales excavados y ajustar los procesos si lo consideraba necesario, lo que no fue requerido por EYT.
26. Como lo reconoce IGR,⁷ EYT no designó un ingeniero geotecnista o un geólogo para que realizara durante el desarrollo del Proyecto, el registro detallado de los materiales excavados y su confrontación con lo reportado en el Estudio de Suelos. Esta actividad fue delegada al pilotoador (operador del equipo) o en el mejor de los casos, a un residente de cimentaciones sin especialización en geotecnia. Este hecho de no contar con un profesional idóneo durante el proceso constructivo, limitó a EYT para anticiparse a posibles problemas relacionados con las condiciones del subsuelo, entre estos a la presencia de turbas. De haberse presentado problemas constructivos asociados a la presencia de turbas (que de hecho no se presentaron con excepción

⁵ Ver GPS1, Anexo GPS-003, subcapítulo 9.1

⁶ Incluir nota al pie explicando lo que ocurrió con este elemento.

⁷ Pendiente referencia. AD

de la excavación de la capa de relleno) la correcta identificación de los materiales excavados permite ajustar los métodos de excavación para evitar problemas de calidad en la construcción de los elementos.

En relación con la caracterización geomecánica del subsuelo,

27. IGR concluyó que la descripción de los materiales en los registros de perforación disponibles eran generales e impidió una identificación precisa de las capas de turba y otros materiales orgánicos, lo cual pudo dificultar la evaluación de su impacto en la estabilidad del terreno.
28. No obstante lo manifestado por IGR, este no revisó algunos apartes de la información del Proyecto en los que i) en el Estudio de Suelos⁸ que observa que la presencia de turba y otros materiales orgánicos se encuentra documentada en el capítulo 4.1 - Descripción del subsuelo. Específicamente, en los estratos a) y f) se señala la existencia de materia orgánica, mientras que en los estratos c) y e) se identifica la presencia de turba; ii) También en la descripción geológica en el capítulo 3 se menciona que la zona se caracteriza por la presencia de turbas y iii) además, en los capítulos 7.1 - Sistema de fundación para la torre, y 7.2 - Sistema de fundación para la tienda MAKRO del supermercado, se detalla la presencia de turba y se incluyen las recomendaciones correspondientes para su manejo durante la construcción de los elementos de fundación.
29. Por su parte, GPS como experto considera que a pesar de que los registros de perforación de las campañas No.2⁹ no muestran el mismo detalle que los de la campaña No.3,¹⁰ la información combinada junto con los resultados de laboratorio, fue suficiente para planificar y construir la cimentación profunda.
30. Con respecto a la presencia de las cenizas que no se identificaron en específico como un estrato, tan pronto se identificaron en la excavación del primer elemento de la cimentación profunda (pantalla 129), el propio EYT propuso que los rellenos fueran excavados y estabilizados con una lechada¹¹ antes de ejecutar la excavación de los elementos profundos,¹² en especial los Barretes y algunos elementos de las pantallas. Los trabajos de estabilización fueron objeto de pago y ampliación de plazo en los Otrosíes 2¹³ y 3.¹⁴
31. EYT con su experiencia en la construcción de cimentaciones profundas en depósitos de origen lacustres, debió advertir durante la etapa de licitación y/o antes de iniciar los trabajos, la necesidad de una exploración adicional si consideraba que la información suministrada en el estudio de suelos y en los planos no era suficiente, y no esperar a que las obras estuvieran terminadas para manifestarlo, como una justificación a los problemas de calidad que presentaron

⁸ Ver GPS1, Anexo GPS-006.

⁹ Ver GPS1, Anexo GPS-022.

¹⁰ Ver GPS1, Anexo GPS-023.

¹¹ Lechada es un concreto fluido y de baja resistencia o agua cemento.

¹² Ver GPS1, Anexo GPS-052.

¹³ Ver GPS1, Anexo GPS-053.

¹⁴ Ver GPS1, Anexo GPS-054.

algunos elementos de la cimentación, que como se presentó en nuestro primer informe pericial GPS1 se demuestra que se dieron exclusivamente por procesos constructivos.

32. También es importante mencionar que, la exploración geotécnica utilizando métodos convencionales para la ejecución de sondeos (como percusión y lavado), la ejecución de ensayos de penetración estándar (SPT), la toma de muestras alteradas (Split Spoon) e inalteradas (tubos Shelby) más la realización de ensayos de laboratorio para la caracterización del subsuelo, siguen siendo métodos reconocidos y confiables frente a otras tecnologías como la del piezocono.¹⁵
33. A propósito de lo indicado en el párrafo anterior, en el literal H.3.2.2 del capítulo H de la NSR-10 se menciona lo siguiente:

“EXPLORACIÓN DE CAMPO — Consiste en la ejecución de apiques, trincheras, **perforación o sondeo con muestreo** o sondeos estáticos o dinámicos, u otros procedimientos exploratorios reconocidos en la práctica, con el fin de conocer y caracterizar el perfil del subsuelo afectado por el proyecto, ejecutar pruebas directas o indirectas sobre los materiales encontrados y obtener muestras para la ejecución de ensayos de laboratorio.”
(Énfasis añadido)

En cuanto a la influencia de los suelos orgánicos y turbas

34. Según IGR, se presentaron anomalías en algunos elementos de la cimentación profunda y concluyó que la influencia de las capas de turba¹⁶ presentes en el terreno, pudieron haber agravado los problemas de discontinuidad del concreto y contribuyeron a la aparición de defectos en los elementos, como vacíos, segregación y mala adherencia, observados en los recorridos posteriores a la excavación.
35. Con excepción de lo ocurrido en la excavación de los rellenos presentes en la zona del parqueadero del antiguo almacén de Makro (presencia de capa vegetal y cenizas entre otros materiales) en opinión de GPS, en el proyecto no existen estratos francos de turba que generen problemas de discontinuidad del concreto por derrumbes. Lo que si existe son capas de turba de carácter puntual con lentes de arena limosa o estratos de arena limosas o limos arcillosos orgánicos con lentes o capas de turba de poco espesor, a los que difícilmente se les puede identificar como la causa de los vacíos, la segregación y la mala adherencia del concreto Tremie. Los vacíos y la segregación se presentan por la pérdida de manejabilidad del concreto durante el hormigonado de un elemento, independientemente del suelo que se excavó para su construcción.
36. La presencia de materiales orgánicos y capas de turba en diferentes profundidades fue adecuadamente registrada y debió ser considerada por EYT durante la ejecución de los trabajos.

¹⁵ El Piezocono es un método de prueba técnica geotécnica utilizada para caracterizar las propiedades del suelo in situ. Es una versión avanzada del ensayo de penetración de cono (CPT), que incorpora la medición de presiones de poro durante la penetración del cono.

¹⁶ Turba es un tipo de suelo orgánico compuesto principalmente por material vegetal parcialmente descompuesto, que se acumula en ambientes saturados de agua y pobres en oxígeno, como pantanos, ciénagas y turberas. Debido a las condiciones anaeróbicas, el proceso de descomposición es lento, lo que permite la acumulación de materia orgánica rica en carbono.

La estabilidad de estos materiales se controla con una adecuada dosificación del lodo polimérico (viscosidad) y verificando en todo momento que el nivel del lodo este siempre por encima del nivel freático.

2.2. LO QUE MENCIONA EL PERITO DE EYT SOBRE EL PROCESO DE FUNDICIÓN DE CONCRETO

37. El perito de EYT en su dictamen, realizó un análisis de los tiempos de fundida registrados en algunos elementos, con el enfoque de avalar las condiciones de construcción según los parámetros técnicos contractuales y el correcto proceso constructivo.

Respecto a la manejabilidad del concreto insuficiente con respecto al tiempo de vaciado,

38. IGR en su Dictamen concluye que el proceso de fundición superó el tiempo de manejabilidad establecido en el diseño (2 a 4 horas o 4 a 6 horas) y provocó la pérdida de fluidez y el inicio del fraguado y por lo tanto, el concreto no se desplazó adecuadamente para llenar todos los espacios del elemento.
39. Del análisis de GPS se observó que los problemas relacionados con los tiempos prolongados de fundida afectaron la manejabilidad del concreto al final del proceso, no al inicio.
40. EYT con su experiencia en la construcción de cimentaciones profundas, debió solicitar un ajuste en la mezcla de concreto, si consideraba que el material suministrado no era adecuado.
41. Los taponamientos en las tuberías, que generalmente ocurren después de largos tiempos de fundida en algunos elementos, no deberían haberse presentado al inicio del vaciado, lo que indica la falta de limpieza de los equipos antes de comenzar el proceso de fundida por parte de EYT.
42. También, EYT como responsable de la calidad de los trabajos y de acuerdo con su plan de calidad, debió identificar y corregir cualquier irregularidad en el concreto antes de su instalación.
43. La segregación y los taponamientos de la tubería fueron en gran parte consecuencia de los tiempos excesivos de espera de los viajes de concreto. EYT como responsable de las obras de cimentación, debió controlar para evitar problemas adicionales en la ejecución de la cimentación.

Sobre el incumplimiento de la rata de suministro del concreto,

44. IGR con base en un informe de la interventoría de agosto de 2021, se enfocó en identificar la influencia que se presentó en la calidad de los elementos por variables como la manejabilidad, la rata de suministro y las condiciones del terreno, y concluyó que la tasa de suministro de concreto raramente alcanzó el valor pactado en el contrato (35 m³/h), y generó interrupciones en el proceso, extendió el tiempo de fundición y derivó en la pérdida de manejabilidad del concreto a lo largo de la operación.
45. De acuerdo con los análisis realizados a algunos elementos según el dictamen GPS1 y en presente Dictamen, GPS determinó que según la variabilidad en los tiempos de transporte de concreto de

las plantas a obra, para garantizar la manejabilidad y la rata de suministro de concreto establecida (35 m³/h), era imprescindible que EYT asegurara óptimas condiciones en obra para que el descargue de concreto se realizara en el menor tiempo posible y de esta manera, contribuir al cumplimiento del suministro de concreto.

46. Entre la información del Proyecto revisada, en el informe de Argos del 14 de marzo de 2022,¹⁷ se observa la falta de planeación y coordinación para la programación de los concretos a cargo de EYT, lo cual generó dificultades a Argos para mantener la constancia del suministro de concreto por, cambios de horario en los pedidos programados, y por cancelaciones y solicitudes de interrupción del suministro durante vaciados de concreto por eventos del proceso constructivo en obra a cargo de EYT.
47. Los problemas de calidad que presentaron algunos elementos de la cimentación profunda causados por derrumbes (posiblemente de los materiales orgánicos) están asociados a los prolongados tiempos de hormigonado los cuales a su vez, están asociados a las demoras en las descargas de las mixers.
48. En el análisis realizado por GPS, se evidencia una posible relación directa de los defectos graves de calidad en los elementos con los eventos de taponamiento del tubo Tremie, que ocasionó contaminación del concreto en los elementos. Estos problemas son atribuibles específicamente al proceso constructivo ejecutado por EYT, pues en elementos con defectos menores no presentaron reportes de taponamiento y cumplieron con las profundidades mínimas de sumergencia del tubo Tremie en el concreto.
49. En la información analizada se pudo observar que el suministro de concreto fue constante a lo largo de la ejecución del Proyecto, tanto para los elementos de la cimentación con defectos menores como los que tuvieron defectos mayores o graves de calidad. Por lo anterior, se puede concluir que la rata de suministro no es la condición única, como lo hace ver IGR, para determinar que fue la causante de los defectos mayores en la calidad en algunos elementos.

¹⁷ Ver GPS1, Anexo GPS-046.

3. LO QUE MENCIONA EL PERITO DE EYT EN RELACIÓN CON LA INFLUENCIA DEL SUELO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

50. Para establecer la influencia de los suelos en la construcción y calidad de los elementos de la cimentación profunda, el perito de EYT en su dictamen analiza:
- El cumplimiento de la normatividad vigente (NSR-10) en lo que hace referencia a la cantidad, distribución y profundidad de los sondeos.
 - La caracterización geomecánica del subsuelo.
 - La influencia de suelos orgánicos, turbas y cenizas en las anomalías que presentaron algunos elementos de la cimentación profunda.
51. En los siguientes apartes de este capítulo se hace un recuento y análisis de los aspectos que trata el perito sobre este tema.

3.1. RESPECTO AL REQUISITO NORMATIVO EN CUANTO A CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE SONDEOS PARA ESTUDIOS GEOTÉCNICOS SEGÚN EL DICTAMEN DE IGR

52. A continuación, se presenta lo que establece IGR con respecto a la aplicación de lo establecido en el capítulo H.3, del título H de la norma o Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10, en relación con el número mínimo y distribución de los sondeos exploratorios del subsuelo, para la caracterización geotécnica del subsuelo, teniendo en cuenta el tamaño de la edificación.¹⁸

3.1.1. El Análisis del Perito de EYT

53. Para estimar el número mínimo y distribución de sondeos, el perito presenta en su informe una serie de figuras (tablas) tomadas de la NSR-10 en las cuales se define en primer lugar que es una unidad de construcción (ver Figura 1), luego como se clasifican por categorías las unidades de construcción según el número de niveles de construcción (pisos) (ver Figura 2), luego cuál debe ser el número mínimo de sondeos por unidad de construcción (Figura 2 y Figura 3) y por último, cuáles son los criterios para la distribución de sondeos (Figura 4). En su análisis el perito clasifica las torres como categoría especial y la tienda Makro y los sótanos como categoría media.

¹⁸ Anexo GPS-090. NSR-10 – Título H - Capítulo H.3 – Caracterización Geotécnica del Subsuelo.

H.3.1 — UNIDAD DE CONSTRUCCIÓN.

Se define como unidad de construcción

- (a) Una edificación en altura,
- (b) Grupo de construcciones adosadas, cuya longitud máxima en planta no exceda los 40 m,
- (c) Cada zona separada por juntas de construcción,
- (d) Construcciones adosadas de categoría baja, hasta una longitud máxima en planta de 80 m
- (e) Cada fracción del proyecto con alturas, cargas o niveles de excavación diferentes.

Para los casos donde el proyecto exceda las longitudes anotadas, se deberá fragmentar en varias unidades de construcción, por longitudes o fracción de las longitudes.

Figura 8. Unidad de Construcción
Fuente: NSR-10

Figura 1. Extracto del Dictamen de IGR – Definición unidades de construcción (Fuente Dictamen IGR)

Tabla H.3.1-1
Clasificación de las unidades de construcción por categorías

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)	
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN	
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN	Makro
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN	
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8,000 kN	Torres

Figura 9. Clasificación de unidades de construcción.
Fuente: NSR-10

Tabla H.3.2-1
Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción
Categoría de la unidad de construcción

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5

Figura 10. Número de sondeos por cada unidad de Construcción
Fuente: NSR-10

Figura 2. Extracto del Dictamen de IGR Respecto a la Clasificación de Unidades de Construcción y Número de Sondeos por cada Unidad de Construcción. (Fuente Dictamen IGR)

H.3.2.6 — NÚMERO MÍNIMO DE SONDEOS — Para definir el número de sondeos en un proyecto, se definirán inicialmente las unidades de construcción de acuerdo con las normas dadas en el numeral H.3.1.1. En todos los casos el número mínimo de sondeos para un estudio será de tres (3) y para definir el número se debe aplicar el mayor número de sondeos resultante y el número de unidades de construcción.

Los sondeos realizados en la frontera entre unidades adyacentes de construcción de un mismo proyecto, se pueden considerar válidos para las dos unidades siempre y cuando domine la mayor profundidad aplicable.

Efecto por repetición — Para proyectos con varias unidades similares, el número total de sondeos se calculará a partir de la segunda unidad de construcción y siguientes como la mitad (50%) del encontrado para la primera unidad, aumentando al número entero siguiente al aplicar la reducción.

Figura 11. Número mínimo de sondeos y efecto por repetición.
Fuente: NSR-10

Figura 3. Extracto del Dictamen de IGR - Número de Sondeos y efecto por repetición. (Fuente Dictamen IGR).

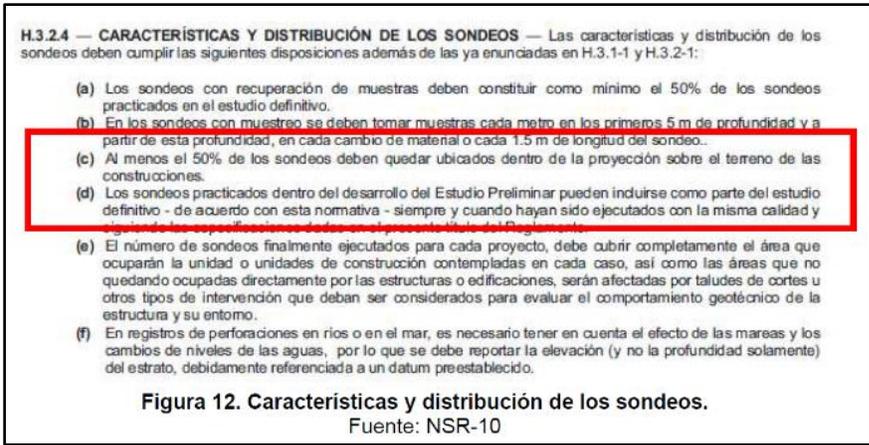


Figura 4. Extracto del Dictamen de IGR - Características y distribución de los Sondeos (Fuente Dictamen IGR).

54. De acuerdo con lo anterior, el Perito de EYT indica lo siguiente en relación con el número de sondeos:¹⁹

“(…) Con base en lo anterior, se identifican 4 unidades de construcción de categoría media, correspondientes a Makro y la zona comercial, y 6 unidades de construcción de categoría especial, correspondientes a las torres. Según la normativa NSR-10, para cada unidad de categoría media se requieren al menos 4 sondeos, mientras que para las unidades de categoría especial se necesitan un mínimo de 5 sondeos por unidad.

Esto implica que serían necesarios un total de 30 sondeos para las torres (categoría especial) y 16 sondeos para la zona comercial y tienda Makro (categoría media), lo que suma un total de 46 sondeos.

No obstante, debido a la repetición de varias unidades funcionales similares (ver Figura 11), se ajusta el número de sondeos requeridos. En el caso de las torres oriental y occidental, el número total de sondeos se reduce para las unidades repetidas. El cálculo se realiza tomando la mitad de los sondeos requeridos para la primera unidad y redondeando al número entero siguiente. De esta manera, se necesitarían 14

sondeos para las 4 unidades funcionales de categoría especial (torres oriental y occidental), 8 sondeos para las 2 unidades de categoría especial (torre central) y 10 sondeos para las unidades de categoría media (zona comercial y tienda Makro).

En conclusión, debieron ejecutarse un total de 32 sondeos (22 sondeos para las unidades de categoría especial y 10 para las de categoría media). Sin embargo, al revisar las campañas de exploración, se evidencia un déficit en la cantidad de sondeos realizados, ya que el número ejecutado no cumple completamente con los requisitos normativos establecidos por la NSR-10. (…)”

¹⁹ Dictamen IGR, Página 20.

55. Con relación al número de sondeos requeridos por la NSR-10 para las obras construidas (una torre y la tienda Makro) el perito de EYT en su dictamen menciona lo siguiente:²⁰

“(…) Si se realiza un análisis de las proyecciones de las construcciones actuales y la ubicación de los sondeos realizados en la campaña 2 (ver Figura 13), se observa que el proyecto construido hasta la fecha incluye 4 unidades de construcción de categoría media, correspondiente a la tienda Makro, y 2 unidades de construcción de categoría especial, correspondiente a la torre construida. De acuerdo con los requisitos de la NSR-10, para la unidad de categoría media se requieren al menos 10 sondeos, y para la categoría especial se requieren al menos 8 sondeos, lo que suma un total de 18 sondeos para el proyecto en su estado actual, cantidad que no cumple actualmente con los sondeos realizados para la zona construida.”

56. Respecto a la distribución de los sondeos, IGR menciona en su dictamen que, de acuerdo con el numeral H.3.2.4 de la NSR-10, al menos el 50% de los sondeos deben ubicarse directamente sobre el terreno destinado para la construcción de las edificaciones y que, por falta de información no ha podido verificar este requisito.²¹ De los 21 sondeos realizados el perito tan solo contó con la información (incompleta) que se presenta en la Figura 5.



Figura 5. Extracto del Dictamen de IGR en cuanto a la Distribución de Sondeos en la Construcción Actual. (Makro-Torre oriental) (Fuente Dictamen IGR).

²⁰ Dictamen IGR, Página 21.

²¹ Dictamen IGR, Página 20.

3.1.2. Lo que Concluyó el Perito de EYT

57. En cuanto al aspecto normativo del estudio de suelos para el Proyecto en lo referente al número, distribución mínima de los sondeos, mencionado en el dictamen técnico de IGR, este después de su análisis, concluyó lo siguiente:²²

“ A pesar de que se realizaron 21 sondeos, los requerimientos normativos para el tipo de construcción y las especificaciones de la NSR-10 no se cumplieron en su totalidad. Las deficiencias en el número de sondeos y su distribución geográfica han comprometido la evaluación precisa de las condiciones del subsuelo, lo que afectaron la calidad de las estructuras construidas.”*

3.1.3. Análisis de GPS

58. GPS considera que para la planeación y definición de los procesos constructivos la información contenida en los Estudios de Suelos era suficiente y adecuada y que el cumplimiento de la normatividad (NRS-10), no tiene ninguna relación de causalidad con los defectos de calidad que tuvieron algunos elementos de la cimentación profunda durante la etapa de construcción. La información del Estudio de Suelos es fundamental para el diseño de la cimentación y en este caso no se está discutiendo la estabilidad de la estructura, como consecuencia de una mala información de los suelos, sino unos problemas de calidad durante la construcción de algunos elementos de la cimentación profunda.
59. GPS considera que EYT como experto y con su gran experiencia en la construcción de cimentaciones profundas en los suelos Bogotanos, después de revisar el perfil estratigráfico, los registros y distribución de los sondeos, más los resultados de los ensayos de laboratorio que fueron puestos a su disposición en el estudio de suelos, debió advertir en el proceso de oferta, si así lo consideraba, que la información aportada en el estudio de suelos no era suficiente para evaluar las condiciones del subsuelo con miras a planear y definir los procesos constructivos y ejecutar la obra sin contratiempos, y no pronunciarse hasta ahora sobre el Estudio de Suelo, como una justificación a la real problemática de los defectos de calidad de algunos elementos expuestos en GPS1, después que las obras fueron construidas.
60. Por otra parte, si EYT considera ahora que la información de estudio de suelos no era suficiente, indicando que se debió contemplar la ejecución de más sondeos para definir las condiciones del subsuelo con miras a garantizar la construcción de una cimentación profunda sin defectos y problemas de calidad, quiere decir que no revisó la información en su momento, a pesar de que la tuvo a disposición.
61. De otra parte, no hay que dejar de lado que la excavación de cada elemento de la cimentación profunda le permitía a EYT (si se hace una identificación precisa de los materiales extraídos)

²² Dictamen IGR, Página 73.

validar o ajustar el perfil estratigráfico utilizado para la planeación y ejecución de los trabajos (retroalimentación) y evitar problemas constructivos.

62. Si la evaluación de los materiales extraídos y el comportamiento de las excavaciones se realizaba de manera metódica, esto le hubiera permitido a EYT anticipar y solucionar los problemas que se podrían presentar en los elementos de la cimentación pendientes por excavar. Como ejemplo, fue lo sucedido con la excavación de los rellenos (cenizas y rajón) durante la construcción del primer elemento, la pantalla 129.²³
63. Teniendo en cuenta lo anterior, en la propia memoria técnica de EYT, se estableció lo siguiente:²⁴

(...) Se controlará el terreno extraído en las excavaciones, para contrastarlo con el considerado en proyecto. Esto puede dar lugar a la necesidad de modificar el proceso de ejecución” (...)
64. Por otra parte, los materiales descritos en el estudio de suelos (condiciones del subsuelo), coinciden con los materiales excavados durante la construcción de los diferentes elementos de la cimentación profunda (ver hojas de vida) y con la zonificación geotécnica para Bogotá (Decreto 523 del 16 de diciembre de 2010) según la cual el Proyecto está ubicado en la zona lacustre A, zona en la cual se encuentran *“arcillas limosas o limos arcillosos muy blandos de origen lacustre. Estos suelos se caracterizan por tener una capacidad portante de baja a media y ser muy comprensibles.”*
65. GPS no comparte la opinión del perito de EYT cuando afirma que *“Las deficiencias en el número de sondeos y su distribución geográfica han comprometido la evaluación precisa de las condiciones del subsuelo, lo que afectaron la calidad de las estructuras construidas”*, en opinión de GPS, la información puesta a disposición de EYT (registros de perforación y resultados de ensayos de laboratorio) se considera adecuada para conocer las características del subsuelo (estratigrafía) y planear la construcción de la cimentación profunda, considerando que EYT según lo ofrecido en su propia memoria técnica, debía realizar una evaluación de los materiales excavados, con miras a modificar los procesos constructivos si los materiales difieren de los considerados en el Proyecto.
66. Adicionalmente, con excepción de lo ocurrido en la excavación de la pantalla 129, no hay evidencia de que: i) una persona diferente al pilotoador (geólogo o geotecnista) hubiera realizado por parte de EYT una identificación de los materiales excavados, ii) EYT hubiera reportado que los materiales excavados diferían a los considerados en el estudio de suelos del Proyecto, y que hubiera podido afectar la calidad de las estructuras y iii) EYT hubiera solicitado la ejecución de perforaciones para definir o reevaluar el perfil estratigráfico.
67. También, la mala calidad que presentaron algunos elementos está asociada a deficiencias en procesos constructivos (demoras en la descarga de las mixer).

²³ Ver GPS1, Anexo GPS-050.

²⁴ Ver GPS1, Anexo GPS-003.

68. A continuación, se incluye a la ubicación de los sondeos realizados:

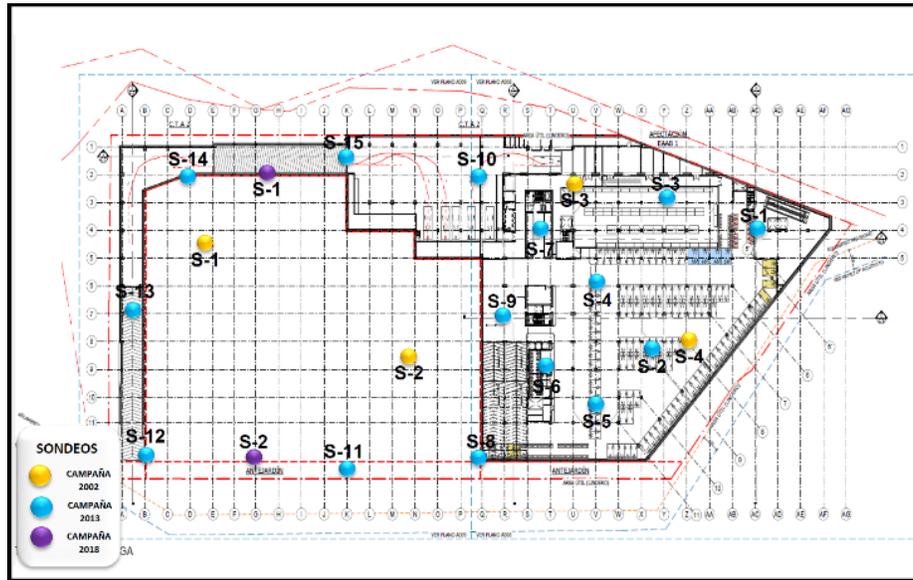


Figura 6. Localización perforaciones campañas 1, 2 y 3. (Fuente EYR).

3.2. RESPECTO AL REQUISITO NORMATIVO EN CUANTO A LA PROFUNDIDAD MÍNIMA DE LOS SONDEOS PARA ESTUDIOS GEOTÉCNICOS MENCIONADA EN EL DICTAMEN DE IGR

69. Respecto al aspecto normativo mencionado, en el dictamen de IGR acerca de la profundidad mínima de los sondeos, este menciona el numeral H.3.2.5 de la NSR-10 (ver Figura 7) que establece que, "los sondeos deben alcanzar una profundidad equivalente a 4 veces el diámetro del pilote (o lado del barrete) o 2 veces el ancho del grupo de pilotes". En este punto, vale la pena mencionar que la Norma deja a criterio del ingeniero geotecnista, la definición de la exploración siguiendo los lineamientos señalados, como se muestra en la siguiente figura.

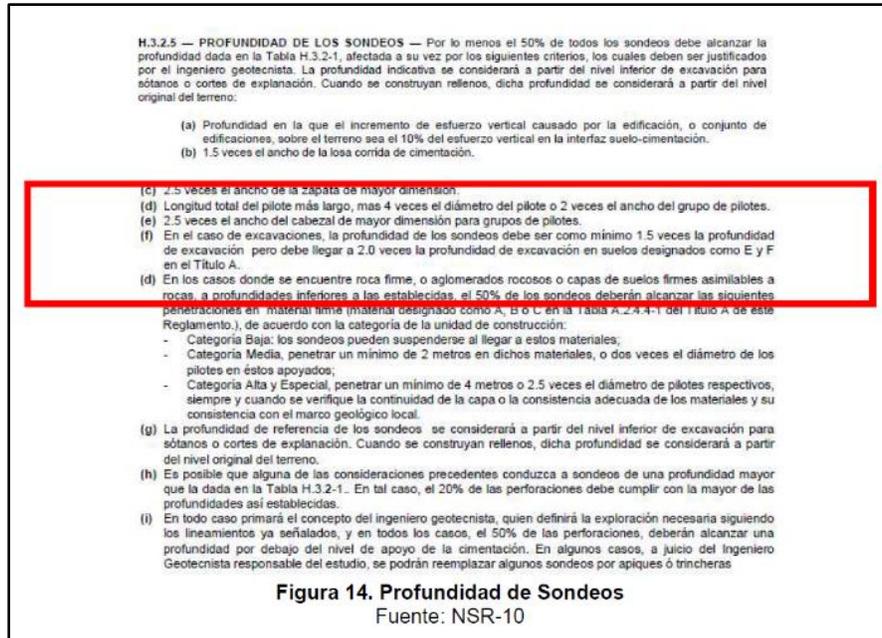


Figura 7. Extracto del Dictamen de IGR - Profundidad de los Sondeos. (Fuente Dictamen IGR).

3.2.1. El Análisis del Perito de EYT

70. En el dictamen de IGR en uno de sus apartes relacionado con el tema de la profundidad mínima de los sondeos, indica lo siguiente:²⁵

“En el caso de la Torre, se han utilizado barretes con longitudes que van desde 70 m, medidos desde la placa de contrapiso del tercer sótano, con dimensiones de 2.0 m a 3.0 m de largo y 0.6 m a 0.8 m de ancho. Los barretes han alcanzado una profundidad máxima de 85.11 m (Barrete BC-93-13), considerando los 12.5 m de nivel de excavación del tercer sótano. Sin embargo, la exploración geotécnica realizada incluye solo 2 sondeos con una profundidad de 80 m, 15 sondeos con profundidades entre 60 m y 67 m, y 4 sondeos con profundidades de solo 10 m a 15 m. Ninguno de estos sondeos alcanzó el nivel de cimentación propuesto en el Estudio de Suelos, ni la profundidad mínima especificada por la NSR-10, que sería de 84.9 m (70 m + 12.5 m + 4x0.6 m) para este tipo de cimentación.”

3.2.2. Lo que Concluye el Perito de EYT

71. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el Perito de EYT concluye lo siguiente:²⁶

²⁵ Dictamen IGR, Página 22.

²⁶ Dictamen IGR, Página 73.

*“*La suma de la exploración del subsuelo realizada considerando las 3 campañas para el Proyecto Connecta 80, en cuanto a cantidad de sondeos y profundidad mínima del 50% de los sondeos, no cumple con lo estipulado en el Título H de la Norma NSR-10. Esto implica que, al menos, 7.0 m del subsuelo más profundo fue desconocido en toda el área del edificio para las etapas de construcción de los barretes más profundos (de 85.11m), y en buena parte del predio construido donde los pilotes y barretes superaron los 60m de profundidad.”*

3.2.3. Análisis de GPS

72. GPS considera que para la planeación y definición de los procesos constructivos, la información contenida en los Estudios de Suelos era suficiente y adecuada y que el cumplimiento de la normatividad (NRS-10), no tiene ninguna relación de causalidad con los defectos de calidad que tuvieron algunos elementos de la cimentación profunda durante la etapa de construcción. La información del Estudio de Suelos es fundamental para el diseño de la cimentación y en este caso no se está discutiendo la estabilidad de la estructura, como consecuencia de una mala información de los suelos, sino unos problemas de calidad durante la construcción de algunos elementos de la cimentación profunda realizados por ETY.
73. La profundidad mínima de los sondeos es un aspecto que tiene relevancia cuando se diseñan cimentaciones profundas trabajando por punta (transferencia de las cargas de las columnas a un estrato portante localizado por debajo de la punta del pilote o Barrete). Para la construcción de la cimentación profunda del Proyecto (elementos trabajando a fricción), GPS considera que para las actividades de construcción, la información consignada en los registros de perforación es adecuada y suficiente para planear la construcción de la cimentación profunda, si se complementa y/o ajusta con la descripción de los materiales extraídos durante las excavaciones que debía realizar EYT (manifestados en la propuesta técnica de EYT)²⁷ con miras a modificar sus procesos constructivos, si los materiales diferían a los considerados en el Proyecto, situación que no se presentó hasta la máxima profundidad de excavación de 85 m. (Los materiales excavados coinciden con los reportados en el estudio de suelos). Por lo tanto, lo anterior mencionado no tiene repercusión en los defectos de calidad encontrados en los elementos de cimentación en discusión.
74. En lo mencionado en el párrafo anterior, es importante tener presente que la excavación de cada elemento es en sí misma una perforación, la cual aporta información para la excavación y construcción de los elementos faltantes. Así las cosas, en la medida que avanza la construcción de la cimentación se tiene un mejor conocimiento del perfil estratigráfico y del comportamiento de los suelos y menor incertidumbre sobre los problemas que se puedan presentar durante la excavación y hormigonado de los elementos faltantes.

Según lo reportado en el estudio de suelos, se realizaron las siguientes tres (3) campañas de perforación que se muestran en la siguiente tabla.

²⁷ Ver GPS1, Anexo GPS-003, página 47 y 48.

Tabla 2. Campañas de Perforación Proyecto Connecta 80.

CAMPAÑA	FECHA	# DE SONDEOS	PROFUNDIDAD (M)
1	Febrero 2002	4	10 / 15
2	Agosto / septiembre 2013	15	60 / 67
3	Abril / mayo 2018	2	80

75. La localización de las 21 perforaciones realizadas en las 3 campañas que se muestran en la Figura 6 anterior, son un buen indicativo de los suelos presentes en el Proyecto. Como se mencionó en los párrafos precedentes, si se identifican los materiales de la excavación de cada elemento (responsabilidad de EYT) se puede a medida que avanzan los trabajos tener un conocimiento más preciso del perfil estratigráfico y de las condiciones del subsuelo.
76. La información aportada por las 21 perforaciones realizadas en las 3 campañas es adecuada para conocer el perfil estratigráfico en la zona del almacén de Makro y de la Torre construida. Hay que tener en cuenta que no es necesario que todas las perforaciones queden dentro de la huella de las edificaciones.
77. De todos modos, tal y como se mencionó en el apartado relacionado con el número y distribución de las sondeos, GPS considera que, EYT como experto y su experiencia en la construcción de cimentaciones profundas en los suelos Bogotanos, después de revisar el perfil estratigráfico, los registros y la distribución de los sondeos y la profundidad de los mismos, más los resultados de los ensayos de laboratorio que fueron puestos a su disposición en el estudio de suelos, como responsable de la calidad de las obras debió advertir en su propuesta técnica y económica, que la información aportada en el estudio de suelos no era suficiente para evaluar las condiciones del subsuelo con miras a planear y ejecutar la obra sin contratiempos. Por otra parte, en vista que EYT nunca se pronunció en relación con la información recibida para el proceso constructivo entre esta, los Estudios de Suelos, se entiende que aceptó que la información era suficiente para la realización de las obras de su alcance (construcción de una cimentación profunda constituida por barretes, pilotes y pantallas).

3.3. RESPECTO A LA CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL SUBSUELO

78. Como complemento a la identificación visual de los suelos que se hace durante las perforaciones, IGR en su Dictamen manifiesta que revisó los resultados de los ensayos de laboratorio (pruebas índices, resistencia al corte y compresibilidad) realizados sobre muestras inalteradas y/o alteradas y los resultados de las mediciones directas in situ (ensayo SPT²⁸ y penetrómetro de bolsillo) que se realizaron en las campañas del 2013 y 2018 para la caracterización geomecánica del subsuelo.

²⁸ Ensayo SPT: Es una prueba de campo ampliamente utilizada en geotecnia para evaluar las propiedades mecánicas del suelo, como su resistencia al corte y densidad relativa. Consiste en hincar un tubo muestreador estándar en el suelo mediante golpes controlados de un martillo con un peso y caída específicos, y registrar el número de golpes necesarios para penetrar los últimos 30 cm de una profundidad determinada.

79. Para mostrar la presencia de capas orgánicas y/o turba en la zona del proyecto, el Perito de EYT realiza un ejercicio de comparación entre los registros de perforación elaborados por EYR y el registro de una perforación (ensayo CPTu)²⁹ realizada por Ingeniería y Geotecnología en la avenida Boyacá con calle 80 en el año 2016.

3.3.1. El Análisis del Perito de EYT

3.3.1.1. Perfil Estratigráfico

80. En la revisión de los resultados de los ensayos de laboratorio, el perito de EYT realizó un recuento de las pruebas de índice (humedad natural, límites de Atterberg, granulometría y peso unitario) utilizadas para clasificar los suelos encontrados en las campañas del 2013 y 2018. De igual forma, hizo un recuento de los ensayos para determinar los parámetros de resistencia al corte (ensayos de compresión inconfiada) y de compresibilidad (ensayos de consolidación).
81. En su análisis, el perito presentó los registros de perforación de la campaña del 2013 elaborados por EYR, en los cuales con colores, se identifican los suelos encontrados de la siguiente manera y que se muestran en la siguiente Figura 8:

“en color gris oscuro un relleno con gravas, en un color verde oscuro limo orgánico de color negro de consistencia blanda a dura, en amarillo se clasifico arcilla, arcilla limosa o limo arcilloso de color habano a gris verdoso, en naranja se clasificó como arcilla limosa o limo arcilloso de color gris de consistencia blanda a dura y en color gris claro lo clasificaron como arena, arena limosa de color carmelito de densidad compacta.”

²⁹ Ensayo CPTU: es un método geotécnico utilizado para obtener información detallada sobre las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo in situ. Este ensayo se basa en la penetración continua de un cono a través del terreno mientras se miden parámetros como la resistencia de la punta del cono y la presión de poro.

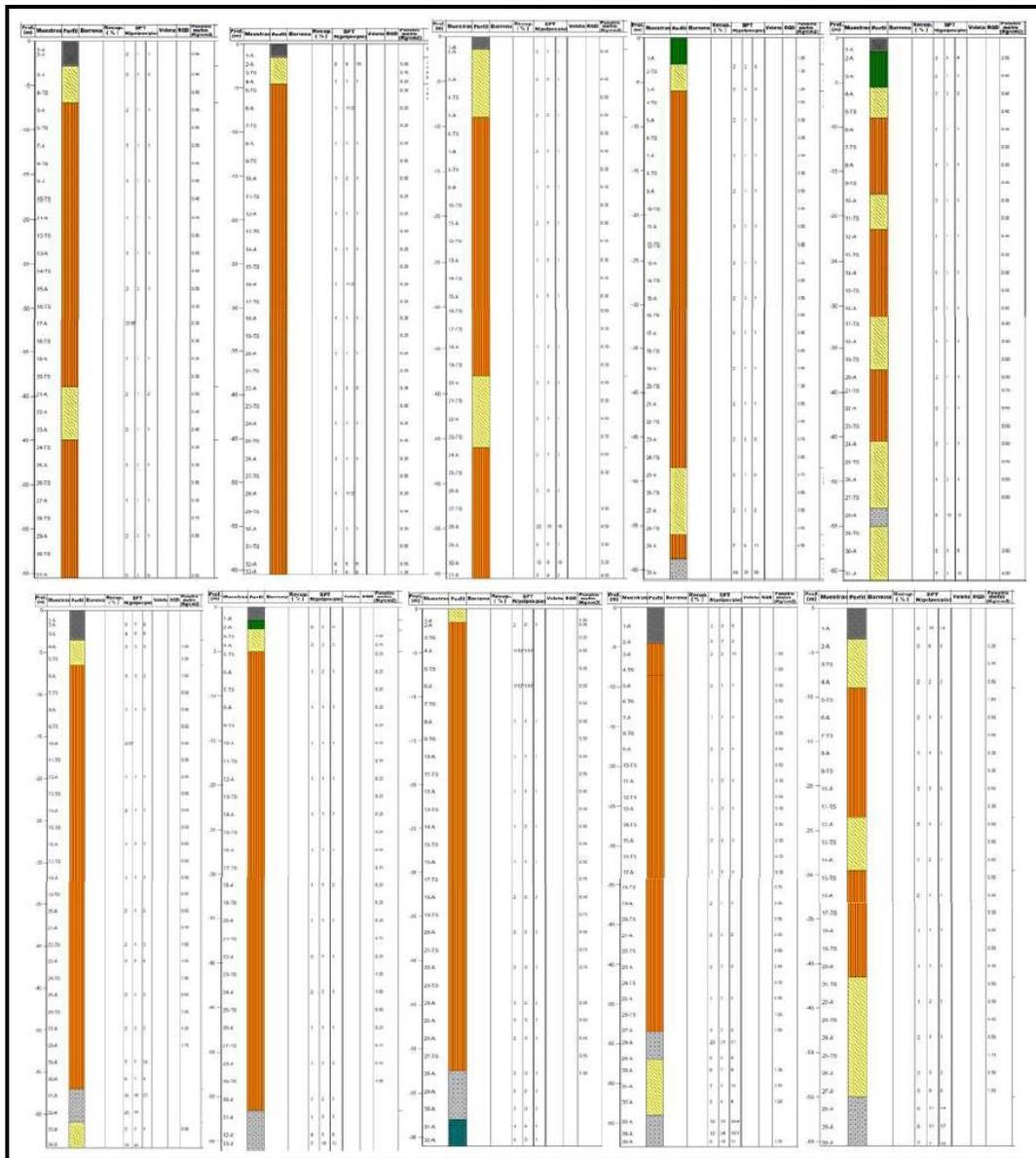


Figura 8. Registro de perforaciones 1 al 10 de la campaña del 2013. (Fuente Dictamen IGR).

82. También menciona IGR, que en la revisión del estudio de suelos elaborado por Espinosa y Restrepo, no encontró parámetros geotécnicos (resistencia al corte y compresibilidad) para los suelos orgánicos o turba. En este punto, es importante recordar que la obligación de EYT es la construcción de la cimentación profunda, mas no su diseño.

3.3.1.1. Presencia de Suelos Orgánicos, Turbas y Cenizas

83. Según IGR, la falta de detalle en los registros de perforación elaborados por EYT en la campaña del 2013, hace difícil la identificación de los suelos orgánicos. Debido a lo anterior, IGR hizo un ejercicio de comparación entre un registro geotécnico utilizando un piezocono (ensayo de penetración con cono) en la avenida Boyacá con calle 80 y los registros elaborados por EYR, para mostrar que el ensayo CPTu permite obtener información detallada del subsuelo, entre otras “*los cambios en su estratigrafía, y la presencia de materiales orgánicos, como limos y turbas.*” Por ejemplo, en el ensayo CPTu de la calle 80 se identificaron suelos orgánicos entre los 8 y 11 m de profundidad.
84. Con respecto a los sondeos realizados por EYR para el estudio de suelos del proyecto, el Perito de EYT menciona que observó presencia de material orgánico y/o turba en los perfiles geotécnicos de los sondeos 4 y 5, en donde se identificó a los 0.0 m a 3.0 m presencia de material orgánico y entre 2.0 m y 6.0 m limo orgánico respectivamente:

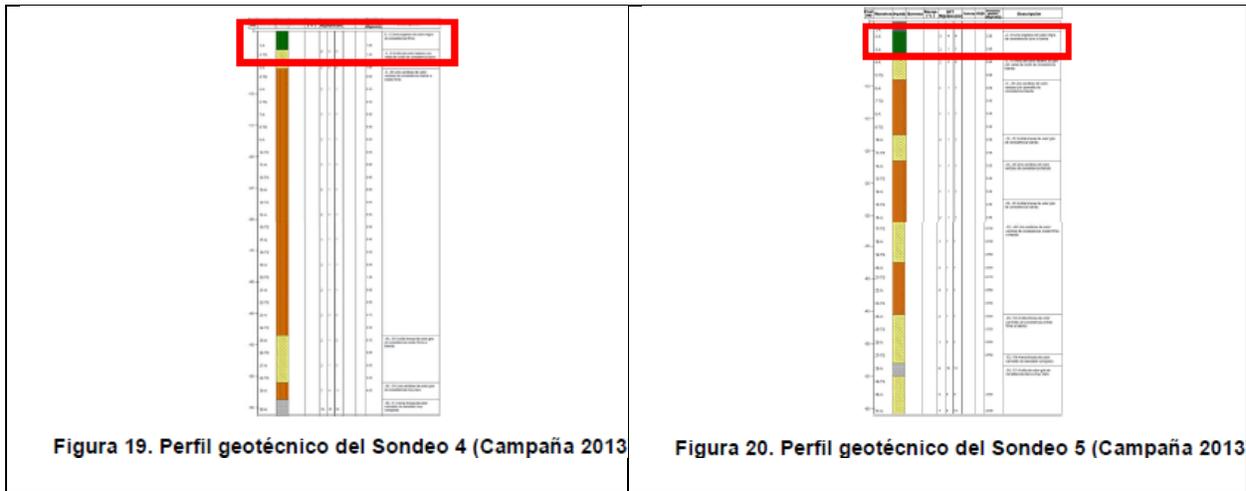


Figura 9. Extracto del Dictamen de IGR sobre los Perfiles Geotécnicos de los Sondeos 4 y 5 de la Campaña de 2013.
(Fuente: EYR 12541-6 (2020))

85. IGR también hace referencia a los sondeos 2, 6 ,11 y 13, en donde resalta con color rojo, la presencia de limos arcillosos con turba a diferentes profundidades. Ver Figura 10.

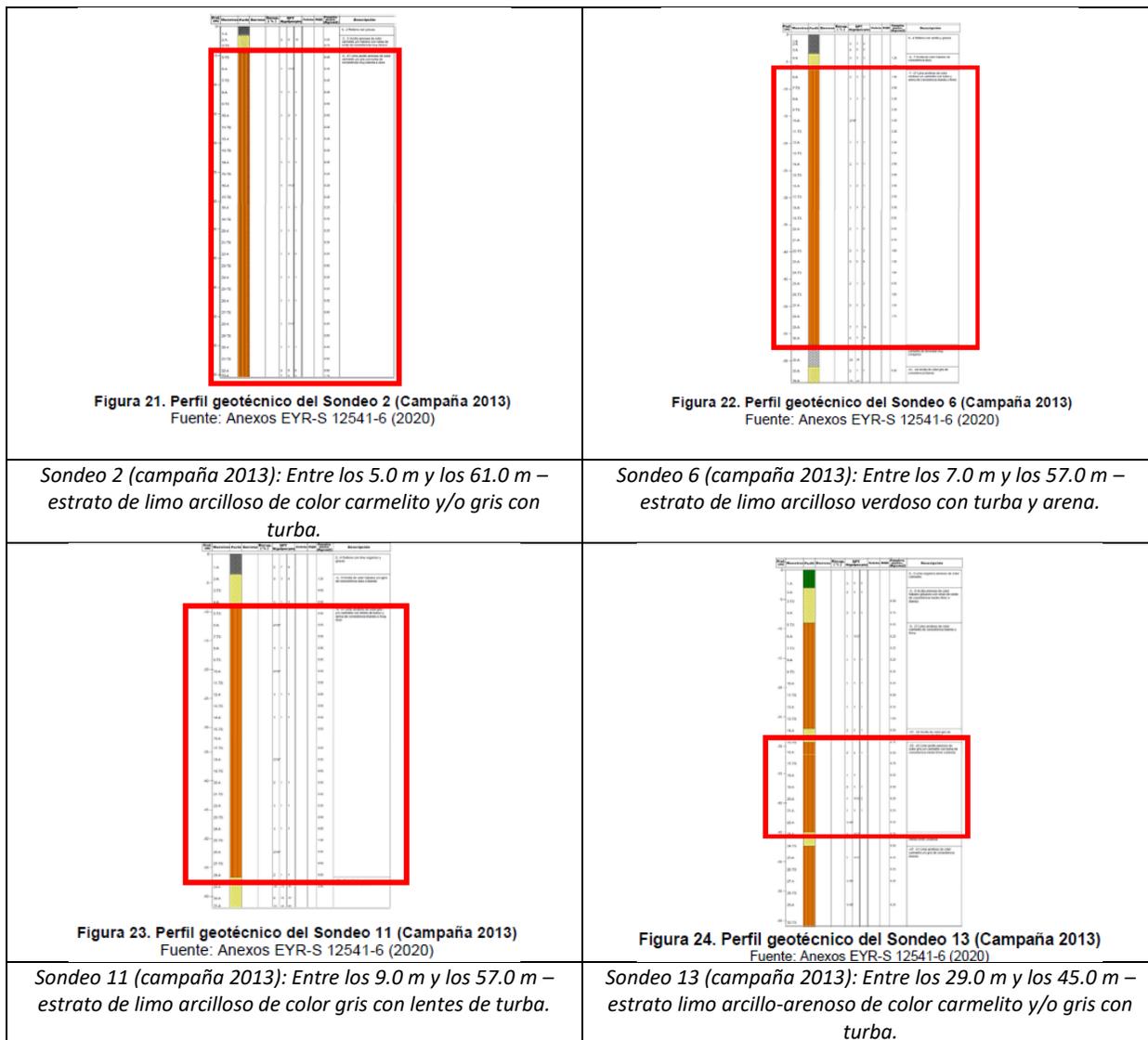


Figura 10. Extracto del Dictamen de IGR sobre los Perfiles Geotécnicos de los Sondeos 2, 6, 11, y 13 de la Campaña de 2013. (Fuente: EYR 12541-6 (2020))

86. Además, se mencionan los sondeos (Sondeo S-01 y S-02) de la campaña de 2018 en donde se identificó en color rojo la presencia de limos orgánicos y lentes de turba. Ver Figura 11.

*“*La descripción de los materiales en los registros de perforación disponibles, resultan demasiado generales y abarcan intervalos de profundidad muy amplios, lo que impide una identificación precisa de las capas de turba y otros materiales orgánicos. La falta de detalle puede dificultar la evaluación de su impacto en la estabilidad del terreno.”*

3.3.3. Análisis de GPS

90. Un estudio de suelos se define como un análisis que incluye investigaciones de campo y pruebas de laboratorio para determinar las características del suelo que influyen en el diseño y la estructuras que se vaya a construir. Para el diseño, un adecuado reconocimiento del suelo es esencial para predecir el comportamiento del terreno frente a cargas estructurales.
91. El propósito del estudio de suelos es determinar las características del subsuelo que den la información suficiente para el diseño de las fundaciones. La información de los sondeos permite proyectar cómo es el subsuelo y entre mayor número de sondeos menor posibilidad de desviaciones. Sin embargo para el Proyecto, el mejor estudio de suelos es el que fue realizando EYT durante la ejecución de los trabajos, ya que iba evidenciando desviaciones sobre lo que se había proyectado, con base en los sondeos y salvo los eventos que fueron advertidos por EYT que impactarían en el Proyecto (como el caso de la presencia de “cenizas”), y que fueron atendidos y concertados por las partes, EYT no encontró o no evidenció otras desviaciones a las condiciones del subsuelo indicadas en el Estudio, entre ellas, que en profundidades mayores a las de los sondeos, el suelo fuera diferente al proyectado con base en la información de los sondeos.
92. En lo que concluye IGR se identifica que, este no revisó algunos apartes de la información del Proyecto en los que i) en el Estudio de Suelos que observa que la presencia de turba y otros materiales orgánicos se encuentra documentada en el capítulo 4.1 - Descripción del subsuelo. Específicamente, en los estratos a) y f) se señala la existencia de materia orgánica, mientras que en los estratos c) y e) se identifica la presencia de turba; ii) También en la descripción geológica en el capítulo 3 se menciona que la zona se caracteriza por la presencia de turbas y iii) además, en los capítulos 7.1 - Sistema de fundación para la torre, y 7.2 - Sistema de fundación para la tienda MAKRO del supermercado, se detalla la presencia de turba y se incluyen las recomendaciones correspondientes para su manejo durante la construcción de los elementos de fundación.
93. Si bien es cierto que al comparar la descripción de los suelos consignadas en los registros de perforación de la campaña 2 con los de la campaña 3, se advierte un mayor detalle en los registros de la campaña 3, esta comparación no significa que la información contenida en los registros de perforación de la campaña 2 no sea de utilidad como lo quiere hacer ver IGR, con su ejemplo de una perforación hecha con piezocono. Si se analizan los registros de perforación de la campaña 2 en conjunto con los de las campañas 1 y 3, más los resultados de laboratorio (pruebas índices realizadas a muestras representativas de las campañas 2 y 3) se tiene información adecuada y suficiente para programar y construir la cimentación profunda objeto del Contrato de EYT.

94. En las campañas 2 y 3 se observa lo siguiente:
- La presencia de “capas de turba y otros materiales orgánicos” se registra en el sondeo 8 de la campaña 2 entre 58 y 61 m de profundidad.
 - También sucede con las 2 perforaciones de la campaña 3 que registran en el sondeo 1, la presencia de un “limo arcilloso color verdoso con lentes orgánicos, y cambia a una arcilla, de consistencia medio firme”, entre 57.7 y 60.0 m de profundidad y en el sondeo 2, la presencia de un “limo orgánico arcilloso verdoso de consistencia muy blanda” entre 23 y 27 m de profundidad y la presencia de una “arcilla color gris con lentes de turba, de consistencia dura.” entre los 60.0 y 62.5 m de profundidad.
 - En los sondeos 2, 6 ,11 y 13, de la segunda campaña se indica la presencia de limos arcillosos con turba a diferentes profundidades.
95. La existencia de estos materiales (turbas y suelos orgánicos) está suficientemente ilustrada, a diferentes profundidades y en diferentes sitios como se muestra en la anterior Figura 11. La presencia de estos materiales es una característica de los depósitos de suelos de origen lacustre que debió ser analizada con extremo cuidado por EYT, para ser tenida en cuenta durante la construcción de los diferentes elementos de la cimentación profunda.
96. Nuevamente, si EYT como experto y su gran experiencia en la construcción de cimentaciones profundas en depósitos de origen lacustre, consideraba que la información sobre la presencia de “capas de turba y otros materiales orgánicos” no era suficiente para programar y construir la cimentación profunda, lo debió advertir en su propuesta técnica y económica o durante la ejecución de las obras y en consecuencia, debió requerir una campaña de exploración que le permitiera a su juicio recolectar la información necesaria para evitar los posibles problemas asociados a este tipo de materiales. Situación que no sucedió, por lo que da entender que aceptó que la información era suficiente para la realización de las obras de su alcance.
97. En los registros de perforación de las campañas No. 2³³ y No. 3³⁴ que hacen parte de los anexos del Estudio de Suelos, cuando se detectó la presencia de “capas con materiales orgánicos”, se registró la profundidad a la cual se encontraban, el espesor de estas y el número de golpes en el ensayo de penetración estándar.
98. Con relación a la presencia de turbas hay que señalar que, en el proyecto no existen estratos francos de turba, lo que existe son capas de turba con lentes de arena limosa o estratos de arena limosas o limos arcillosos orgánicos con lentes o capas de turba de poco espesor.
99. Con respecto a la presencia de las cenizas que no se identificaron en específico como un estrato en los registros de perforación por ser parte de los rellenos que cubren gran parte del lote (zona de parqueaderos), hay que mencionar que, tan pronto se identificaron en la excavación del primer elemento de la cimentación profunda (pantalla 129) EYT propuso que los rellenos fueran

³³ Ver GPS1, Anexo GPS-022.

³⁴ Ver GPS1, Anexo GPS-023.

excavados y estabilizados con una lechada antes de acometer la excavación de los elementos profundos,³⁵ en especial los barretes y algunos elementos de las pantallas. Los trabajos de estabilización fueron objeto de pago y ampliación de plazo en los Otrosíes 2³⁶ y 3.³⁷

100. De conformidad con los resultados de la exploración de campo (apiques y sondeos) y los resultados de los ensayos de laboratorio (pruebas índices) a manera de ejemplo y como se muestra en la siguiente figura, GPS elaboró un perfil estratigráfico por el eje T del proyecto entre ejes 2 y 12 (aproximadamente el eje central de la torre en sentido norte-sur), utilizando la información de los siguientes sondeos: S-10 (Proyectada), S-7 (proyectada), S-9 (proyectada), S-6 (proyectada) y S-8 (proyectada).

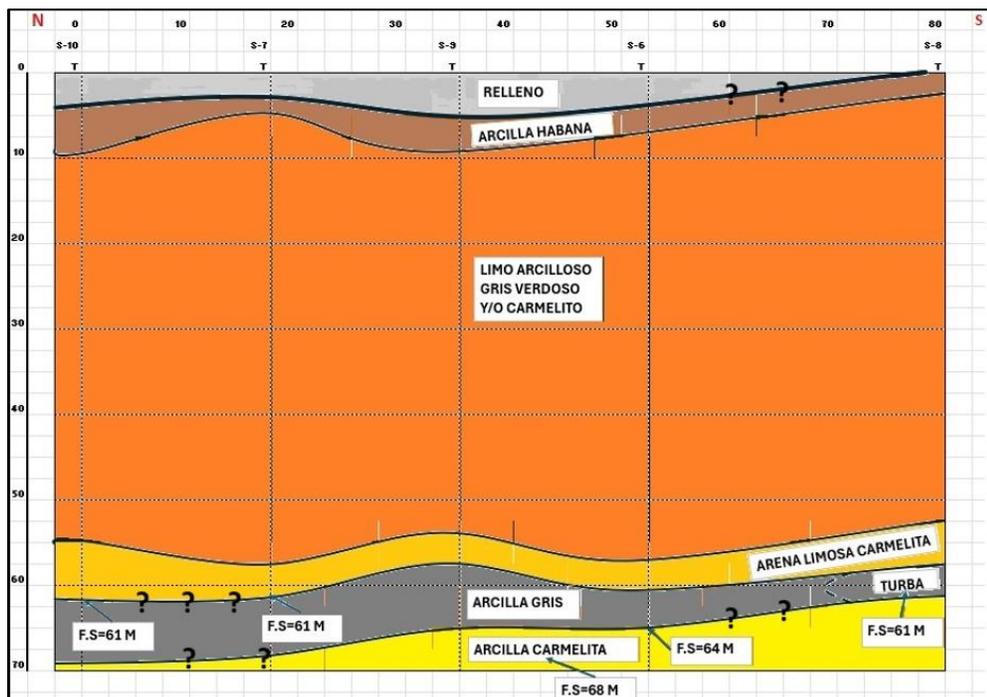


Figura 12. Perfil estratigráfico por el eje T.³⁸

101. Según el perfil de la figura anterior se tienen los siguientes suelos:

- **Relleño:** desde la superficie del terreno y hasta profundidades que alcanzan los 5 m se encuentra una carpeta asfáltica (0.15 m) seguida de recebo, tierra con arcillas y escombros y cenizas con rajón.
- **Arcilla habana con betas oxidadas de consistencia blanda a muy dura:** este suelo se encuentra por debajo de la capa de relleno en espesores que varían entre 2 y 5 m.

³⁵ Ver GPS1, Anexo GPS-052.

³⁶ Ver GPS1, Anexo GPS-053.

³⁷ Ver GPS1, Anexo GPS-054.

³⁸ Fuente: Elaboración propia con información del Estudios de suelos elaborado por EYR ESPINOSA Y RESTREPO S.A. – septiembre de 2020. (Las líneas que delimitan los estratos son una interpretación realizada por GPS)

- **Limo arcilloso gris verdoso a carmelito con lentes de arena o turba de consistencia blanda a firme** (en los registros de los sondeos no se especifica el espesor de los lentes): este suelo se encuentra por debajo de la arcilla habana en espesores que varían entre 46 y 52 m.
- **Arena limosa carmelita de densidad suelta a muy compacta**: este suelo se encuentra por debajo del limo arcilloso gris verdoso en espesores que varían entre 4 y 6 m. Su espesor puede ser mayor porque algunos sondeos no la atravesaron completamente (S-10, S-7, S-9).
- **Arcilla gris de consistencia dura a firma**: este suelo se encuentra por debajo de la arena limosa carmelita en espesores que varían entre 3 m (S-6) y 7 m (S-9). El espesor de este suelo puede ser mayor porque algunos sondeos no la atravesaron completamente (S-10, S-7, S-8).
- **Arena carmelita de densidad muy compacta**: este suelo se detectó en el sondeo S-9 con un espesor de 4 m hasta la máxima profundidad investigada de 68 m. El espesor de este suelo puede ser mayor porque el sondeo no lo atravesó completamente.
- **Turba con lentes de arena limosa**: este material se detectó en el sondeo S-8 entre los 58 y 61 m de profundidad (máxima profundidad investigada en este sondeo).
- **Nivel freático**: entre los 2.0 m y 3.0 m de profundidad.

102. Como análisis a la conclusión realizada por IGR utilizando un perfil geotécnico, GPS mediante la interpretación de los sondeos seleccionados, realizó un perfil geotécnico por el eje T del Proyecto tal como se indica en la Figura 12, en donde se puede determinar diferencias sutiles con respecto a otro perfil realizado en otra dirección utilizando otros sondeos. También, se puede encontrar menores diferencia al de un perfil promedio utilizando la información de los 21 sondeos realizados.

3.4. EN CUANTO A LA INFLUENCIA DE LOS SUELOS ORGÁNICOS, TURBAS EN LAS ANOMALÍAS QUE PRESENTARON ALGUNOS ELEMENTOS DE LA CIMENTACIÓN PROFUNDA

103. En las conclusiones del informe de las pruebas de integridad realizadas el 28 de junio de 2022 por EYR a los pilotes 4801, 4802 y 5801 aportadas por IGR en su dictamen,³⁹ EYR comentó que entre los 10 y 14 m de profundidad se presentaba una disminución en la sección de los pilotes causada por la presencia de algún material distinto (turba) al reportado en los sondeos a esa profundidad, descartando la incidencia de los procesos constructivos.

104. Posterior a lo anterior, en el informe de Espinosa y Restrepo del 01 de diciembre de 2023 y después de revisar los registros del piloteador que corroboran la estratigrafía descrita en el estudio de suelos, EYR indicó que no existe relación entre la contaminación de los elementos con lentes orgánicos y/o arenosos y las anomalías en la calidad que se presentaron en los pilotes.

³⁹ Dictamen IGR, página 37.

105. Por lo anterior, EYR en este informe le atribuye las anomalías en los pilotes a los procesos constructivos⁴⁰ y su opinión es que la presencia de suelos orgánicos y turbas no tiene influencia en las anomalías que presentaron algunos elementos debido al carácter inestables de estos materiales.

3.4.1. El Análisis del Perito de EYT

106. El análisis realizado por IGR, se fundamenta en las conclusiones emitidas por EYR en los informes de las pruebas de integridad realizadas a algunos de los pilotes, tal y como se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 3. Extracto del Dictamen de IGR con Conclusiones de Informe de Pruebas Integridad de EYT.

Referencia Pilote / Fecha Informe	Conclusión del Informe de EYR
Pilote 4801 Informe del 17 de junio de 2022	<i>“Pilote con un daño probable a una profundidad de 10.0 metros. Los registros presentan una fuerte señal que corresponde a una disminución considerable de sección o calidad de material. Se revisa el registro de fundida del pilote y no se evidencian anomalías en el proceso constructivo; sin embargo, esta consultoría no descarta que se halla presentado algún material distinto a lo reportado (turba) en esta profundidad, lo que afecto el correcto fraguado del concreto.”</i>
Pilote 4802 – 5801 Informe del 28 de junio de 2022	<i>“Pilote con un daño probable entre los 13.0 y 14.0 m de profundidad. Los registros presentan una fuerte señal que corresponde a una disminución considerable de sección o calidad de material. Se revisa el registro de fundida del pilote y no se evidencian anomalías en el proceso constructivo; sin embargo, esta consultoría no descarta que se halla presentado algún material distinto a lo reportado (turba) en esta profundidad, lo que afecto el correcto fraguado del concreto.”</i>
Informe del 01 de diciembre 2023	<i>“Del acompañamiento realizado por esta consultoría, se evidencia que las condiciones presentadas en los elementos no obedecen a condiciones particulares del terreno, dado los registros presentados por el piloteador (negrilla fuera de texto), donde se corrobora la estratigrafía descrita por el estudio de suelos. Teniendo en cuenta lo anterior, no se establece una relación de las condiciones de contaminación de los elementos con lentes orgánicos y/o arenosos, permitiendo atribuir las anomalías al proceso constructivo.”</i>

107. IGR respecto a la conclusión del informe del 01 de diciembre de 2023, indica que debido a que no se presentó acompañamiento de un ingeniero geotecnista o geólogo durante las excavaciones, no es posible comparar el perfil geotécnico reportado en las hojas de vida con los perfiles del estudio de suelos, y finaliza mencionando lo siguiente:

⁴⁰ Dictamen IGR, Página 38.

“Finalmente se evidencia la clara contradicción entre los diferentes informes emitidos por EYR, en donde al principio se planteó que la causa de los daños en los elementos fue debido a la presencia de lentes de turba y posteriormente se descarta este argumento y se atribuye al proceso constructivo únicamente, sin haber realizado exploraciones adicionales o una revisión de la información detallada, más aun teniendo en cuenta que se tenían sondeos de referencia, donde se había detectado la presencia de suelos orgánicos.”

3.4.2. Lo que Concluye el Perito de EYT

108. El Perito de EYT, concluye lo siguiente:

“ Es importante mencionar que la influencia de las capas de turba presentes en el terreno, pudieron haber agravado los problemas de discontinuidad del concreto. Las características inestables de estas capas, junto con un concreto no adecuado para tiempos prolongados de fundida, probablemente contribuyeron a la aparición de defectos en los elementos, como vacíos, segregación y mala adherencia, observados en los recorridos posteriores a la excavación.”*

3.4.3. Análisis de GPS

109. Si bien es cierto que la presencia de turba puede generar derrumbes que pueden contaminar el concreto o generar problemas de continuidad en el mismo, hay que anotar que en el Proyecto no existen estratos francos de turba. Lo que si existe, son estratos de arenas limosas o limos arcillosos de consistencia medio firme a dura con lentes de turba. Lo anterior significa que el lodo polimérico utilizado para estabilizar las excavaciones a las profundidades en que se encontraron estos materiales ejerce suficiente presión hidrostática para evitar derrumbes en este tipo de suelos.

110. Respecto a la incidencia que tiene la presencia de turba y suelos orgánicos en el subsuelo en los problemas de calidad que presentaron algunos elementos hay que precisar lo siguiente:

– La presencia de turba y suelos orgánicos (contacto del concreto con estos materiales) no afecta el fraguado del concreto. El fraguado del concreto se ve afectado por temas que tienen que ver con: temperatura ambiente, humedad relativa, diseño de la mezcla, aditivos en el concreto y métodos de colocación del concreto.

- La presencia de turba y suelos orgánicos afecta el concreto contaminándolo en la medida en que ocurren derrumbes durante la construcción del elemento. Los derrumbes pueden ocurrir por mala calidad del lodo polimérico que se utiliza para el sostenimiento de las excavaciones y/o por tiempos de exposición de la excavación demasiado largos asociados a problemas constructivos como pueden ser demoras en el vaciado de las mixers.

111. En presencia de suelos orgánicos y/o turbas, tiempos prolongados de hormigonado aumentan la probabilidad de que estos materiales se derrumben contaminando los elementos. En condiciones normales (la punta del tubo Tremie siempre sumergida en el concreto) el derrumbe que se controla mediante el manejo de polímeros y nivel de agua durante la construcción, puede evidenciarse en la parte superior del elemento durante el proceso de fundida y por el mayor consumo de concreto. En estos casos era obligación de EYT continuar con el vaciado hasta que el concreto contaminado haya sido removido en su totalidad. En condiciones anormales de fundida (la punta del tubo Tremie por encima del concreto) el derrumbe queda atrapado por el concreto que se deposita encima de él, haciendo difícil su detección durante la fundida del elemento. La presencia de estas discontinuidades se detecta en las pruebas de integridad que se realizan después de construido el elemento. Cuando son grandes y están cerca de la superficie, se demuele el elemento hasta discontinuidad y se reconstruye. Cuando son profundas se construye un nuevo elemento cercano al que presento el problema. En todos los casos la responsabilidad de realizar las reparaciones es de EYT.
112. En opinión de GPS no existe contradicción en los conceptos emitidos por EYR respecto a las posibles causas en la mala calidad que presentaron algunos elementos, porque los mismos son emitidos en tiempos diferentes y en diferentes contextos. En los primeros dos conceptos de junio de 2022, se menciona que hay presencia de turba y da una explicación a las discontinuidades detectadas en algunos pilotes durante las pruebas de integridad (hipótesis que no se pudo validar por parte de EYT ni de EYR porque no se cuenta con un registro de los materiales excavados hecho por una persona idónea). En el tercer concepto que emitió EYR en diciembre del 2023, una vez realizada la excavación de los sótanos, replanteó lo mencionado en los primeros dos conceptos y atribuyó los defectos de calidad de algunos elementos, a las anomalías encontradas durante el proceso constructivo.

3.5. CONCLUSIONES DE GPS

113. En opinión de GPS la información suministrada a EYT en el estudio de suelos era adecuada para programar y anticipar posibles problemas (afectación a la calidad) durante la construcción de los diferentes elementos de la cimentación profunda. EYT como experto, debía evaluar si la información puesta a su disposición en el Estudio de Suelos era suficiente y adecuada para la construcción de la cimentación profunda objeto del contrato.
114. Es una buena práctica durante el proceso constructivo de una cimentación profunda hacer el registro y evaluación juiciosa de los materiales encontrados durante la excavación de los elementos, tal y como está planteado por EYT en su propuesta técnica. El análisis de esta información en conjunto con la información del estudio de suelos, aportan suficientes elementos de juicio para poder anticipar problemas y soluciones en los elementos que falten por excavar, siempre y cuando la evaluación se realizará por un especialista.

115. Como lo mencionó el Perito de EYT y lo evidenció GPS en las hojas de vida de los elementos, EYT como buena práctica, no designó un ingeniero geotecnista o un geólogo para que realizara, durante el desarrollo del Proyecto, el registro detallado de los materiales excavados y su confrontación con lo reportado en el Estudio de Suelos. Esta actividad fue delegada al pilotoador (operador del equipo) o en el mejor de los casos, a un residente de cimentaciones sin especialización en geotecnia. Lo anterior condujo a que se perdiera la oportunidad de anticiparse a problemas relacionados con las condiciones del subsuelo, entre estos la presencia de turbas.
116. En el estudio de suelos entregado a EYT se destaca la presencia de suelos orgánicos y turbas dispuestas en forma aleatoria en el área del proyecto como lentes. Con esta información EYT como experto y responsable de la construcción de la cimentación profunda debió ajustar sus métodos constructivos para evitar que la presencia de estos materiales contaminase el concreto de los elementos en proceso de construcción.
117. La exploración geotécnica utilizando métodos convencionales para la ejecución de sondeos (percusión y lavado), la ejecución de ensayos de penetración estándar (SPT), la toma de muestras alteradas (Split Spoon) e inalteradas (tubos shelby) más la realización de ensayos de laboratorio para la caracterización del subsuelo, siguen siendo métodos reconocidos y confiables frente a otras tecnologías como la del piezocono. A propósito de lo indicado, en el literal H.3.2.2 del capítulo H de la NSR-10 se menciona lo siguiente:
- *EXPLORACIÓN DE CAMPO — Consiste en la ejecución de apiques, trincheras, **perforación o sondeo con muestreo** o sondeos estáticos o dinámicos, u otros procedimientos exploratorios reconocidos en la práctica, con el fin de conocer y caracterizar el perfil del subsuelo afectado por el proyecto, ejecutar pruebas directas o indirectas sobre los materiales encontrados y obtener muestras para la ejecución de ensayos de laboratorio.*
118. Las metodologías utilizadas por Espinosa y Restrepo para evaluar los parámetros de resistencia y compresibilidad son parte del diseño, y no son aspectos determinantes para planear y ejecutar la obra, como lo quiere hacer ver IGR, desconociendo que en el alcance de los trabajos contratados con EYT, no hace parte el diseño de la cimentación profunda.

4. LO QUE MENCIONA EL PERITO DE EYT SOBRE EL PROCESO DE FUNDICIÓN DE CONCRETO

119. De acuerdo con el análisis y conclusiones indicados en el dictamen de IGR sobre la manejabilidad y la rata de suministro de los concretos de algunos elementos de la cimentación del Proyecto, GPS en este capítulo realiza el análisis basado en: 1) los resultados obtenidos e indicados en el Dictamen GPS1, 2) un análisis de algunos elementos con mayores volúmenes de concreto en las obras de cimentación profunda del Proyecto y 3), el análisis de algunos elementos identificados con defectos que desde el punto de vista estructural no son relevantes. En los siguientes subcapítulos se desarrolla el análisis de los argumentos de IGR, basado en los numerales anteriores.

4.1. RESPECTO A LA MANEJABILIDAD DEL CONCRETO INSUFICIENTE CON RESPECTO AL TIEMPO DE VACIADO DE HORMIGÓN EN LOS ELEMENTOS

120. El Perito de EYT realizó un análisis de los tiempos de fundida (o de vaciado de concreto) de algunos elementos que también fueron analizados en un informe de Argos y que fue incluido por GPS en el Dictamen Anterior GPS1.⁴¹ El enfoque de IGR es el de avalar las condiciones de construcción según los parámetros técnicos contractuales y el correcto proceso constructivo.⁴²

4.1.1. El Análisis del Perito de EYT

121. IGR efectuó un análisis al seguimiento que fue realizado a los elementos que presentaron anomalías en los sótanos y que presentaron observaciones y/o afectaciones durante los recorridos del 21 de julio, 03 de agosto, 31 de agosto y 13 de septiembre de 2022, efectuados por ARPRO.⁴³

122. También el Perito de EYT utilizó el registro fotográfico de la comunicación enviada por ARPRO a la aseguradora JMALUCELLI el 09 de octubre de 2023, y menciona que esta información se utilizó para identificar las condiciones del elemento con anomalías y evaluar las posibles implicaciones estructurales derivadas de las afectaciones en los elementos.

123. A partir de la información anterior, IGR menciona algunas observaciones en el proceso constructivo como segregación y taponamiento de la tubería para algunos elementos.⁴⁴

124. Para los anteriores elementos mencionados, IGR respecto al elemento Muro pantalla MP-40 indicó lo siguiente:⁴⁵

“A partir de lo anterior, se considera que el taponamiento de la tubería, causado por la segregación de la mezcla al inicio de la fundida, afectó la calidad de la superficie superior del muro. Este problema parece estar relacionado con la presencia de una capa de ceniza

⁴¹ GPS1, Anexo GPS-009.

⁴² Dictamen IGR, Página 40.

⁴³ Dictamen IGR, Página 43.

⁴⁴ Ídem

⁴⁵ Dictamen IGR, Página 45.

y/o suelo orgánico en los primeros metros, combinada con la segregación del concreto, lo que coincide con lo reportado en la hoja de vida del elemento y con las capas de materia orgánica identificadas en algunos de los perfiles estratigráficos del proyecto. Por lo tanto, una manejabilidad inadecuada del concreto junto con la segregación de la mezcla y presencia de material orgánico, genera las anomalías como la que se observa en la Figura 28.”

125. En cuanto al elemento Pantalón 45B, el Perito de EYT menciona lo siguiente:⁴⁶

“En los recorridos realizados en el sótano 1 del Pantalón 45B se observaron anomalías, como la contaminación del elemento, evidenciadas en la Figura 29. Es importante destacar que la excavación estuvo suspendida por 4 días, lo que, al observar la imagen, sugiere que el problema pudo haber sido causado por el desprendimiento de las paredes laterales de la excavación, probablemente debido a la capa de suelo orgánico presente en los primeros metros. El sobreconsumo de concreto durante la fundida puede atribuirse a este desprendimiento de material, que ocurrió mientras la estructura no fue fundida. Esta anomalías coinciden con las capas de material orgánico identificadas en el perfil estratigráfico, lo que señala una problemática relacionada con la sobreexposición de la excavación durante el tiempo en que estuvo suspendida.”

126. De las anteriores apreciaciones de los elementos analizados por IGR, este complementa indicando lo siguiente:⁴⁷

Conforme a lo anterior, se puede evidenciar que las afectaciones de estos elementos no están directamente relacionadas con los taponamientos en las tuberías Tremie. Sino que estas afectaciones están directamente relacionadas a la segregación del concreto, ya que, en estas profundidades, se debería garantizar una mezcla con buena trabajabilidad y cohesión adecuada para evitar la segregación. Sin embargo, es importante destacar que otros factores como los retrasos en el suministro de concreto, la exposición prolongada de la excavación, o la presencia de suelos orgánicos y/o cenizas en los primeros metros podrían haber influido negativamente en la calidad de los elementos estructurales. Estos factores pueden haber ocasionado desprendimientos de las paredes laterales de las excavaciones, lo que afectó la integridad del concreto durante la fundida, generando vacíos o irregularidades en el hormigonado.

Figura 13. Extracto del Dictamen de IGR sobre los elementos analizados.

127. Respecto a lo mencionado, el Perito de EYT considera las afectaciones de los elementos por la segregación del concreto, además de otros factores como retrasos en el suministro de concreto, exposición prolongada de la excavación y la presencia de suelos orgánicos/ceniza, que también pudieron haber incidido negativamente en la calidad de los elementos.

⁴⁶ Dictamen IGR, Página 46.

⁴⁷ Dictamen IGR, Página 47.

128. Ahora bien, en cuanto al análisis de los anteriores elementos, el Perito de EYT determina lo siguiente:⁴⁸

“(…) Aunque se esperaría que una mezcla adecuadamente diseñada y bien manejada no presentara problemas de segregación, las condiciones específicas del proyecto, como los retrasos en el suministro de concreto, la exposición prolongada de las excavaciones, y la presencia de suelos orgánicos, sugieren que la calidad de la mezcla de concreto sí podría haber influido en las afectaciones observadas en los elementos estructurales. Adicionalmente, se resalta que conforme al control del proceso constructivo (hojas de vida de los elementos ejecutados y tablas de Control del Hormigonado), este fue avalado por el Contratante y la firma de Interventoría. Por esta razón, al no haberse presentado o reportado una inadecuada ejecución en el proceso de construcción de los elementos, no deja de ser una presunción atribuir los daños en los elementos al proceso constructivo, ya que el control y los registros realizados contaron con la aprobación formal de las entidades responsables, lo que sugiere que las afectaciones observadas se relacionaban con factores adicionales (rata de suministro de concreto y manejabilidad) que no fueron atendido a tiempo.(…)”

129. De acuerdo con lo anterior, IGR menciona que de acuerdo con la información del proceso constructivo de los elementos, que estos fueron avalados por ARPRO y la Interventoría, endilgando la causa, a factores del suministro del concreto como la rata de suministro y la manejabilidad.

130. Adicionalmente, también menciona IGR sobre la manejabilidad del concreto, lo siguiente:⁴⁹

“El tiempo de manejabilidad del concreto para el hormigonado que se menciona es crítico, ya que, en algunos casos, la fundida de un elemento podía tardar hasta 7 horas o más. Sin embargo, estos tiempos no se consideraron adecuadamente en las actas u órdenes de compra entre ARPRO y ARGOS, documentos que se incluyen en el ANEXO B de este informe pericial.”

131. Respecto a la manejabilidad, IGR hace el siguiente énfasis:⁵⁰

“Por lo tanto, aunque no se superó el tiempo de manejabilidad total entre carga y descarga de las Mixer el tiempo de manejabilidad durante toda la fundida del elemento si se superó.”

132. Por último, el Perito de EYT realizó un análisis con muestras representativas de los elementos de cimentación tales como Pilotes (10 muestras), Barretes (24 muestras), Pantallas (15 muestras) y Pantalones (13 muestras). Con base en los resultados de su análisis, en cuanto a la manejabilidad, menciona lo siguiente:⁵¹

⁴⁸ Dictamen IGR, Página 47.

⁴⁹ Dictamen IGR, Página 48.

⁵⁰ Dictamen IGR, Página 49.

⁵¹ Dictamen IGR, Página 61.

“La demora en el suministro del concreto generó que los tiempos de fundida se sobrepasaran, llegando hasta cerca de 16 horas, especialmente en barretes, pantalones y muros pantalla; este lapso de tiempo tan largo acarrió problemas de calidad en los elementos. Además, al superar el tiempo límite del concreto se sobrepasa el tiempo de manejabilidad, lo cual causa pérdida de fluidez y por tal motivo el desplazamiento del concreto no es óptimo para rellenar todos los espacios del elemento, debido al endurecimiento del mismo. Hay que considerar que la manejabilidad más alta es de 4 a 6 horas, y debido a estos atrasos se superó la manejabilidad hasta en el doble del tiempo.”

4.1.2. Lo que Concluye el Perito de EYT

133. Según lo expuesto, el Perito de EYT concluye lo siguiente:⁵²

“El proceso de fundición superó el tiempo de manejabilidad establecido en el diseño (2 a 4 horas o 4 a 6 horas), lo que provocó la pérdida de fluidez y el inicio del fraguado. Como resultado, el concreto no se desplazó adecuadamente para llenar todos los espacios del elemento.”

4.1.3. Análisis de GPS

134. Según lo observado por GPS, la manejabilidad del concreto se vio afectada en la etapa final del proceso de fundida y no al inicio cuando se estaba fundiendo a 60 m - 80 m de profundidad. Lo anterior, a razón de los tiempos prolongados de espera para el descargue del concreto. Hay que recordar que para poder dar el inicio de la fundida, se debía contar en obra con 4 a 6 mixer.⁵³ (dependiendo del volumen del elemento a hormigonar).
135. Si EYT con base en su experticia y experiencia consideraba que el concreto que le estaban suministrando no era el adecuado, debió solicitar un ajuste de la mezcla de concreto en especial en los tiempos de manejabilidad para evitar problemas asociados con prolongados tiempos de fundida.
136. Por otra parte de lo que manifiesta IGR con respecto al taponamiento de tubería al inicio de la fundida del elemento, en concepto de experto de GPS, es importante precisar que no es normal que se presenten taponamientos al iniciar la fundida. Estas situaciones de taponamientos, generalmente se presentan después de llevar tiempos prolongados de fundida, ocasionado por la costra de concreto que se va formando en el perímetro del tubo y que va reduciendo su diámetro, producto del inicio del fraguado del concreto. Un taponamiento de tubería al inicio de una fundida está relacionado con la falta de limpieza del tubo previo al inicio de la fundida, situación que es responsabilidad del constructor en este caso EYT, advertir y mantener los equipos en óptimas condiciones de uso antes de dar inicio con la fundida.

⁵² Dictamen IGR, Página 74, Conclusiones.

⁵³ Ver GPS1, Anexo GPS-011.

137. Por otra parte, respecto a la segregación indicada en las observaciones de las hojas de vida y la causa que se alude a los taponamientos, era responsabilidad de EYT garantizar la calidad de los elementos ejecutados, por lo cual de acuerdo con su plan de calidad, debía detectar previo a la instalación del concreto estas irregularidades en los concretos que pudieran generarle defectos en los elementos. De los concretos que afirma IGR, no debieron ser instalados y EYT como contratista experto y responsable de la calidad de las obras que se encontraba ejecutando, debió solicitar el cambio de cada viaje de los concretos que presentaran estas condiciones.
138. También los taponamientos de tubería generados durante la fundida tienen relación con los tiempos excesivos de espera de los viajes de concreto en el Proyecto, tal como se ilustra en los siguientes numerales de este Informe 4.2.3. y 4.2.3.1, al igual que en el *Dictamen GPS1 Capítulo 8, subcapítulos 8.1 y 8.1.2*, en los cuales de los análisis realizados, se encontró que los tiempos de espera de concretos en obra mayores a 45 min fue una constante a lo largo de la construcción de la cimentación del Proyecto, repercutiendo también en el cumplimiento de la rata de suministro acordada.

4.2. RESPECTO A LA RATA DE SUMINISTRO DE CONCRETO

139. En resumen, el Perito de EYT realizó un análisis estableciendo una relación de las afectaciones de los elementos respecto al cumplimiento e incumplimientos de las especificaciones técnicas requeridas para los concretos empleados en la cimentación. IGR se basa en los tiempos máximos de manejabilidad establecidos en las órdenes de compra, la rata de suministro y los resultados de los ensayos Cross Hole del informe de trazabilidad de construcción de elementos de Cimentación realizados por la Interventoría.

4.2.1. El Análisis del Perito de EYT

140. IGR con base al informe de la interventoría mencionado se enfocó en identificar la influencia que se presentó en la calidad de los elementos por las variables como manejabilidad, la rata de suministro y las condiciones del terreno. IGR evaluó 12 elementos (10 barretes – 2 Pantalones) señalados en la siguiente figura, los cuales presentan las características de cada elemento.⁵⁴

⁵⁴ Dictamen IGR, Página 51.

Elemento	DATOS HOJAS DE VIDA						
	Longitud (m)	Espesor (m)	Long. Excavación (m)	Long. Hormigonada (m)	Vol. Teórico (m3)	Vol. Real	% expansión
BC-74-C1	2.50	0.60	82.93	82.93	124.40	136.00	9.3%
BC-77-C1	2.50	0.60	82.97	82.97	124.46	142.00	14.1%
BC-78-C1	2.50	0.60	81.47	81.47	122.21	150.00	22.7%
BC-84-C1	2.50	0.60	82.95	82.95	124.43	142.00	14.1%
BC-92-C1	3.40	1.00	79.10	79.10	251.93	332.00	31.8%
BC-93-C2	3.00	0.60	81.67	81.67	147.01	171.00	16.3%
BC-93-C5	3.00	0.60	81.67	81.67	147.01	176.50	20.1%
BC-93-C6	3.00	0.60	81.63	81.63	146.93	226.00	53.8%
BC-94-C1	3.00	0.60	81.63	81.63	146.93	186.00	26.6%
BC-95-C2	2.80	0.80	81.68	81.68	182.96	222.50	21.6%
Pant 112	3.00	0.60	81.34	81.34	146.40	181.00	23.6%
Pant 115	3.00	0.60	81.34	81.34	149.33	176.00	17.9%

Fuente: Elaborado con la Información de las Hojas de Vida. ANEXO F

Figura 14. Extracto del Dictamen IGR con los 12 Elementos Analizados.

141. De acuerdo con la anterior figura, el Perito de EYT indicó lo siguiente:⁵⁵

“Específicamente, se observó que la rata de suministro de concreto no fue constante en algunos casos, lo que, sumado a los tiempos de manejabilidad menores a los requeridos para elementos de gran volumen y profundidad, pudo haber ocasionado juntas frías y discontinuidades en el concreto. Adicionalmente, se observó que en 2 elementos se tuvieron expansiones muy altas (31.8% y 53.8%) y en otros 5 elementos las expansiones estuvieron entre 20% y 30% de su volumen teórico.”⁵⁶

142. Posteriormente, el Perito de EYT con los mismos 12 elementos listados en la figura anterior, presentó los tiempos de hormigonado (de colocación del concreto) de estos, indicando que en todos los casos, el tiempo de hormigonado superó el tiempo de manejabilidad del concreto utilizado (de 4 – 6 horas) y complementa mencionando lo siguiente:⁵⁷

“Por lo tanto, estas excesivas demoras en la fundida de los elementos originó reducciones de manejabilidad, trabajabilidad y de la fluidez que debe tener el concreto para acomodarse sin inconvenientes en toda la sección del elemento, lo cual afecta la continuidad, formación de oquedades y la calidad final, principalmente, en el tramo final (más superficial) del elemento afectado”

⁵⁵ Dictamen IGR, Página 50.

⁵⁶ El porcentaje de expansión se refiere a una medida utilizada en geotecnia para evaluar la capacidad de un suelo, particularmente en suelos arcillosos, de experimentar expansión cuando se ve sometido a un cambio en su contenido de humedad

⁵⁷ Dictamen IGR, Página 51.

143. De igual manera, IGR realizó un análisis de la rata de suministro de concreto de los 12 elementos, resaltando que en ningún caso la rata de suministro cumple con lo estipulado en las especificaciones contractuales de 35 m³/h y, menciona:⁵⁸

“Por lo tanto, al comprobarse que ninguno de los elementos analizados cumplió la rata de suministro de concreto solicitada para este tipo de elementos de gran profundidad y volumen, resulta factible que estas bajas ratas de suministro contribuyeran a los aumentos de tiempos de fundida de los concretos, con las consecuentes pérdida de trabajabilidad, fluidez y la generación de oquedades o llenados incompletos de estos elementos.”

144. También, IGR realizó otro análisis con los mismos 12 elementos, para determinar la longitud alcanzada durante la fundida, tomando como límite el tiempo de manejabilidad establecida. De lo anterior, el Perito de EYT menciona lo siguiente:⁵⁹

“Los resultados indicados en la Tabla 7 muestran que en ninguno de los elementos evaluados se logró completar la longitud total de fundida de manera óptima. La pérdida de fluidez observada en los últimos metros (superficiales), una vez superado el tiempo máximo de manejabilidad, no podía garantizar que el elemento quedara libre de irregularidades. Esto se debe a que, una vez terminado el tiempo de manejabilidad inicial, el concreto comienza a fraguarse, lo que impide que ascienda de manera uniforme y homogénea dentro de toda la sección del elemento”.

145. Finalmente IGR, determina, lo siguiente:⁶⁰

“Concluyendo el análisis de los 12 elementos, se confirma que los tiempos de manejabilidad y la rata de suministro de concreto fueron factores críticos que contribuyeron a la afectación de muchos de los elementos estructurales de cimentación, particularmente en los casos de barretes y pantalones, donde el hormigonado continuo requería de un estricto cumplimiento de tiempos y volúmenes de concreto, para garantizar la homogeneidad y calidad del concreto a lo largo de toda la profundidad de los elementos.”

146. Por lo anteriormente expuesto, IGR afirma que la incidencia de los tiempos de manejabilidad y la rata de suministro como factores críticos, influyeron en la afectación de los elementos de la cimentación.⁶¹

147. Finalmente, IGR realizó un análisis con unas muestras representativas de cada tipo de elemento de cimentación profunda para 10 Pilotes, 24 Barretes, 15 Pantallas y 13 Pantalones. Con base en sus resultados, en cuanto a la rata de suministro, menciona lo siguiente:⁶²

“La rata de suministro del concreto establecida en el Contrato, de 35 m³/hora/frente, nunca se cumplió. Esto generó interrupciones en el proceso y extendió el tiempo de fundida, lo cual

⁵⁸ Dictamen IGR, Página 52

⁵⁹ Dictamen IGR, Página 53

⁶⁰ Dictamen IGR, Página 53

⁶¹ Dictamen IGR, Página 52

⁶² Dictamen IGR, Página 61

derivó en la pérdida de manejabilidad del concreto a lo largo de la operación. Las principales causas de este incumplimiento fueron:

- *Demoras en la llegada del concreto a la obra.*
- *Intervalos prolongados entre la llegada de camiones mixers de hasta 3:11 horas.*
- *Deficiencia en la especificación de la mezcla utilizada, que provocó taponamientos en la tubería Tremie.*

Es fundamental resaltar la importancia que tiene para la calidad de los elementos fundidos con sistema Tremie, la continuidad y el ritmo del hormigonado, por lo cual se estipulan consideraciones límites que garantizan que el proceso constructivo resulte acertado y se eviten problemas constructivos.”

4.2.2. Lo que Concluye el Perito de EYT

148. De acuerdo con lo anterior, el Perito de EYT concluye lo siguiente:⁶³

“(…) La tasa de suministro de concreto raramente alcanzó el valor pactado en el contrato (35 m³/h), lo que generó interrupciones en el proceso y extendió el tiempo de fundición. Esto derivó en la pérdida de manejabilidad del concreto a lo largo de la operación. Las principales causas de este incumplimiento fueron:

- *Demoras en la llegada del concreto a la obra.*
- *Intervalos prolongados entre la llegada de camiones mixers.*
- *Deficiencia en la especificación de la mezcla utilizada, que provocó taponamientos en la tubería Tremie. (…)”*

4.2.3. Análisis de GPS

149. En cuanto a la rata de suministro del concreto utilizada para la cimentación del Proyecto, GPS realiza para una de las causas de las bajas ratas de suministro que presentaron en algunas horas los elementos, de acuerdo con el análisis realizado en el dictamen técnico GPS1 y otra información complementaria, los siguientes comentarios:

- Al inicio del hormigonado de los elementos, la rata de suministro fue igual o mayor a los valores establecidos (para el inicio del hormigonado era necesario contar con 4 a 6 mixers).⁶⁴
- De un análisis realizado en 27 elementos cuyo volumen de concreto para la fundida eran representativos, se pudo determinar que, en la medida en que se avanzaba con la fundida

⁶³ Dictamen IGR, Página 74, Conclusiones.

⁶⁴ Ver GPS1, Anexo GPS-011.

del elemento, la rata de suministro fue disminuyendo a valores por debajo de la rata acordada (35m³/h).⁶⁵

- Se pudo determinar que, la principal causa para no cumplir con la rata acordada fue la demora para vaciar las mixers en la obra, por atraso en la logística de EYT y los múltiples problemas que se presentaron durante el hormigonado de los elementos:
 - a) El taponamiento del tubo Tremie,
 - b) Retiro parcial (corte) de la tubería Tremie,
 - c) Dificultades en el desplazamiento de las mixers por el mal estado de los accesos para la colocación del concreto,
 - d) Dificultades en la movilidad de las mixers por el desorden en el acopio de equipos y materiales utilizados por EYT,
 - e) Demoras en el retiro de los lodos poliméricos y la recirculación de estos para remover material en suspensión,
 - f) Demoras en la instalación de las canastas de refuerzo, la cual es una actividad previa al hormigonado,
 - g) Por efecto de la mayor expansión del terreno que requirió mayor volumen de concreto, aumentó el tiempo de fundida y necesidad de más cantidad de mixers en la obra por pedidos no planeados,
 - h) Se presentaron contratiempos con las actividades previas a la fundida que ocasionaron demoras en la entrega del elemento a fundir por parte de EYT.
 - i) Demora en el lavado de las llantas de las mixer antes de salir de la obra.

- Por otra parte, no se encontró una evidencia que permita deducir que el número y capacidad de las mixers asignadas por ARGOS a la obra fuera la causa de las bajas ratas de suministro.

150. GPS con el fin de evaluar cómo fue la rata de suministro de concreto que se presentó para algunos elementos, que presentaron un mayor volumen representativo de concreto de la cimentación y de los cuales, varios de estos hacen parte del análisis realizado por IGR en su dictamen, GPS solicitó mayor información a ARPRO e hizo un análisis con el seguimiento a los tiempos de fundida de concreto de 27 elementos, que fueron registrados por la Interventoría PAYC, y que se listan en la siguiente tabla.⁶⁶

Tabla 4. Referencia de elementos Barretes y Pantalones con Mayor Volumen de Concreto de la Cimentación.

No.	Tipo Elemento	Referencia del Elemento	Vol. Total (m ³)
1	Barrete	73 - C1	337
2	Barrete	74 - C1	136
3	Barrete	75 - C1	148
4	Barrete	76 - C1	348

⁶⁵ Apéndice GPS-A-042. Análisis elementos (27) con mayor volumen de concreto en la cimentación del Proyecto, hoja 1.

⁶⁶ Anexo GPS-092. Reporte Tiempos de suministro vs Tiempos de Vaciado.

No.	Tipo Elemento	Referencia del Elemento	Vol. Total (m3)
5	Barrete	77 - C1	142
6	Barrete	78 - C1	150
7	Barrete	79 - C1	164
8	Barrete	80 - C1	145
9	Barrete	81 - C1	171
10	Barrete	82 - C1	148
11	Barrete	83 - C1	164
12	Barrete	84 - C1	142
13	Barrete	85 - C1	141,5
14	Barrete	86 - C1	169
15	Barrete	87 - C1	148
16	Barrete	88 - C1	158
17	Barrete	89 - C1	316
18	Barrete	90 - C1	147
19	Barrete	91 - C1	162,5
20	Barrete	92 - C1	332
21	Pantalón	69 - columna Q1	127
22	Pantalón	65 - columna Q3	122
23	Pantalón	63 - columna Q4	114
24	Pantalón	60 - columna Q5	160
25	Pantalón	58 - columna Q6	180
26	Pantalón	56 - columna Q7	176
27	Pantalón	112 - columna R3	181

151. Para el listado de elementos anterior, GPS realizó un consolidado de la información, con el fin de verificar cual fue el volumen de suministro de concreto por hora, durante la fundida completa para cada uno de los elementos (27).⁶⁷
152. Para ello, se tuvieron en cuenta las remisiones de concreto de cada elemento, donde se encontró información detallada como el número de remisión, fecha, descripción del producto (Resistencia del concreto, tamaño máximo del agregado y manejabilidad), número del mixer, las horas de salida de planta, llegada a obra, inicio descargue y salida de obra, entre otros.
153. Según lo mencionado, de cada elemento analizado, se consideró como base la hora de llegada del primer mixer a obra, y a partir de esta obtener el total de viajes de concreto durante cada hora hasta el final del vaciado del elemento. De esta manera, se obtuvo el volumen de concreto por cada hora de fundida, como se muestra en la siguiente tabla.⁶⁸

⁶⁷ Apéndice GPS-A-042. Análisis elementos (27) con mayor volumen de concreto en la cimentación del Proyecto. (hoja 1)

⁶⁸ Apéndice GPS-A-042. Análisis elementos (27) con mayor volumen de concreto en la cimentación del Proyecto. (hoja 1)

154. Adicionalmente, GPS teniendo en cuenta los distintos valores para las ratas de suministro de 25, 30 y 35 m3/h mencionados en el dictamen GPS1,⁶⁹ determinó que los valores entre 25 – 35 m3/h de concreto son aceptables por estar dentro del rango de las ratas mencionadas en los documentos del Proyecto (Contrato, Propuesta técnica de EYT y especificaciones del concreto Tremie), teniendo en cuenta que los valores superiores a 35 m3/h cumplen con lo establecido. Por otra parte, los valores menores a 25 m3/h, no cumplen lo establecido.

Tabla 5. Consolidado de Información Tiempos de Fundida de Concreto de 20 Barretes y 7 Pantalones de la Cimentación.

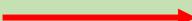
Tipo Elemento	No. Elemento	Hora Fundida Elemento	Hora inicio	Hora Final	Rata Suministro (m3/hora)	Vol. Total (m3)	Cumplimiento Rata Suministro
Barrete	73 - C1	1	5:51:00	6:51:00	64		Cumple
Barrete	73 - C1	2	6:51:00	7:51:00	41		
Barrete	73 - C1	3	7:51:00	8:51:00	56		
Barrete	73 - C1	4	8:51:00	9:51:00	48		
Barrete	73 - C1	5	9:51:00	10:51:00	40		
Barrete	73 - C1	6	10:51:00	11:51:00	16		
Barrete	73 - C1	7	11:51:00	12:51:00	16		
Barrete	73 - C1	8	12:51:00	13:51:00	40		
Barrete	73 - C1	9	13:51:00	14:51:00	8		
Barrete	73 - C1	10	14:51:00	15:51:00	0		
Barrete	73 - C1	11	15:51:00	16:51:00	8		
Barrete	74 - C1	1	15:13:00	16:13:00	40		Cumple
Barrete	74 - C1	2	16:13:00	17:13:00	0		
Barrete	74 - C1	3	17:13:00	18:13:00	7		
Barrete	74 - C1	4	18:13:00	19:13:00	7		
Barrete	74 - C1	5	19:13:00	20:13:00	35		
Barrete	74 - C1	6	20:13:00	21:13:00	31		
Barrete	74 - C1	7	21:13:00	22:13:00	16		
Barrete	75 - C1	1	12:32:00	13:32:00	55		Cumple
Barrete	75 - C1	2	13:32:00	14:32:00	23		
Barrete	75 - C1	3	14:32:00	15:32:00	7		
Barrete	75 - C1	4	15:32:00	16:32:00	16		
Barrete	75 - C1	5	16:32:00	17:32:00	15,5		
Barrete	75 - C1	6	17:32:00	18:32:00	19,5		
Barrete	75 - C1	7	18:32:00	19:32:00	4		
Barrete	75 - C1	8	19:32:00	20:32:00	8		
Barrete	76 - C1	1	9:45:00	10:45:00	32		Aceptable
Barrete	76 - C1	2	10:45:00	11:45:00	29		
Barrete	76 - C1	3	11:45:00	12:45:00	25		
Barrete	76 - C1	4	12:45:00	13:45:00	16		
Barrete	76 - C1	5	13:45:00	14:45:00	15		

⁶⁹ Dictamen GPS1, Página 49, Numeral 7.1.

Tipo Elemento	No. Elemento	Hora Fundida Elemento	Hora inicio	Hora Final	Rata Suministro (m3/hora)	Vol. Total (m3)	Cumplimiento Rata Suministro
Barrete	76 - C1	6	14:45:00	15:45:00	23		
Barrete	76 - C1	7	15:45:00	16:45:00	8		
Barrete	76 - C1	8	16:45:00	17:45:00	17,5		
Barrete	76 - C1	9	17:45:00	18:45:00	7		
Barrete	76 - C1	10	18:45:00	19:45:00	38		
Barrete	76 - C1	11	19:45:00	20:45:00	57,5		
Barrete	76 - C1	12	20:45:00	21:45:00	48		
Barrete	76 - C1	13	21:45:00	22:45:00	16		
Barrete	76 - C1	14	22:45:00	23:45:00	0		
Barrete	76 - C1	15	23:45:00	0:45:00	16	348	
Barrete	77 - C1	1	13:24:00	14:24:00	32		Aceptable
Barrete	77 - C1	2	14:24:00	15:24:00	32		
Barrete	77 - C1	3	15:24:00	16:24:00	8		
Barrete	77 - C1	4	16:24:00	17:24:00	16		
Barrete	77 - C1	5	17:24:00	18:24:00	22		
Barrete	77 - C1	6	18:24:00	19:24:00	32	142	
Barrete	78 - C1	1	15:10:00	16:10:00	32		Aceptable
Barrete	78 - C1	2	16:10:00	17:10:00	15		
Barrete	78 - C1	3	17:10:00	18:10:00	0		
Barrete	78 - C1	4	18:10:00	19:10:00	31		
Barrete	78 - C1	5	19:10:00	20:10:00	39		
Barrete	78 - C1	6	20:10:00	21:10:00	13		
Barrete	78 - C1	7	21:10:00	22:10:00	7		
Barrete	78 - C1	8	22:10:00	23:10:00	5		
Barrete	78 - C1	9	23:10:00	0:10:00	8	150	
Barrete	79 - C1	1	15:41:00	16:41:00	24		No Cumple
Barrete	79 - C1	2	16:41:00	17:41:00	32		
Barrete	79 - C1	3	17:41:00	18:41:00	40		
Barrete	79 - C1	4	18:41:00	19:41:00	24		
Barrete	79 - C1	5	19:41:00	20:41:00	25		
Barrete	79 - C1	6	20:41:00	21:41:00	8		
Barrete	79 - C1	7	21:41:00	22:41:00	8		
Barrete	79 - C1	8	22:41:00	23:41:00	3	164	
Barrete	80 - C1	1	12:14:00	13:14:00	19		No Cumple
Barrete	80 - C1	2	13:14:00	14:14:00	22		
Barrete	80 - C1	3	14:14:00	15:14:00	12,5		
Barrete	80 - C1	4	15:14:00	16:14:00	24		
Barrete	80 - C1	5	16:14:00	17:14:00	15		
Barrete	80 - C1	6	17:14:00	18:14:00	6		
Barrete	80 - C1	7	18:14:00	19:14:00	11,5		
Barrete	80 - C1	8	19:14:00	20:14:00	35	145	
Barrete	81 - C1	1	14:24:00	15:24:00	48		Cumple
Barrete	81 - C1	2	15:24:00	16:24:00	8		

Tipo Elemento	No. Elemento	Hora Fundida Elemento	Hora inicio	Hora Final	Rata Suministro (m3/hora)	Vol. Total (m3)	Cumplimiento Rata Suministro
Barrete	81 - C1	3	16:24:00	17:24:00	8	171	
Barrete	81 - C1	4	17:24:00	18:24:00	31		
Barrete	81 - C1	5	18:24:00	19:24:00	27		
Barrete	81 - C1	6	19:24:00	20:24:00	21		
Barrete	81 - C1	7	20:24:00	21:24:00	8		
Barrete	81 - C1	8	21:24:00	22:24:00	8		
Barrete	81 - C1	9	22:24:00	23:24:00	12		
Barrete	82 - C1	1	14:09:00	15:09:00	31	148	Aceptable
Barrete	82 - C1	2	15:09:00	16:09:00	23		
Barrete	82 - C1	3	16:09:00	17:09:00	23		
Barrete	82 - C1	4	17:09:00	18:09:00	33		
Barrete	82 - C1	5	18:09:00	19:09:00	23		
Barrete	82 - C1	6	19:09:00	20:09:00	15		
Barrete	83 - C1	1	12:46:00	13:46:00	32	164	Aceptable
Barrete	83 - C1	2	13:46:00	14:46:00	23		
Barrete	83 - C1	3	14:46:00	15:46:00	16		
Barrete	83 - C1	4	15:46:00	16:46:00	15		
Barrete	83 - C1	5	16:46:00	17:46:00	24		
Barrete	83 - C1	6	17:46:00	18:46:00	31		
Barrete	83 - C1	7	18:46:00	19:46:00	7		
Barrete	83 - C1	8	19:46:00	20:46:00	0		
Barrete	83 - C1	9	20:46:00	21:46:00	16		
Barrete	84 - C1	1	13:13:00	14:13:00	8	142	No Cumple
Barrete	84 - C1	2	14:13:00	15:13:00	16		
Barrete	84 - C1	3	15:13:00	16:13:00	24		
Barrete	84 - C1	4	16:13:00	17:13:00	16		
Barrete	84 - C1	5	17:13:00	18:13:00	40		
Barrete	84 - C1	6	18:13:00	19:13:00	30		
Barrete	84 - C1	7	19:13:00	20:13:00	8		
Barrete	85 - C1	1	12:44:00	13:44:00	16	141,5	No Cumple
Barrete	85 - C1	2	13:44:00	14:44:00	24		
Barrete	85 - C1	3	14:44:00	15:44:00	0		
Barrete	85 - C1	4	15:44:00	16:44:00	0		
Barrete	85 - C1	5	16:44:00	17:44:00	24		
Barrete	85 - C1	6	17:44:00	18:44:00	8		
Barrete	85 - C1	7	18:44:00	19:44:00	8		
Barrete	85 - C1	8	19:44:00	20:44:00	24,5		
Barrete	85 - C1	9	20:44:00	21:44:00	22,5		
Barrete	85 - C1	10	21:44:00	22:44:00	8		
Barrete	85 - C1	11	22:44:00	23:44:00	6,5		
Barrete	86 - C1	1	18:45:00	19:45:00	36,5	Cumple	
Barrete	86 - C1	2	19:45:00	20:45:00	16		
Barrete	86 - C1	3	20:45:00	21:45:00	30,5		

Tipo Elemento	No. Elemento	Hora Fundida Elemento	Hora inicio	Hora Final	Rata Suministro (m3/hora)	Vol. Total (m3)	Cumplimiento Rata Suministro
Barrete	86 - C1	4	21:45:00	22:45:00	23,5	169	
Barrete	86 - C1	5	22:45:00	23:45:00	23,5		
Barrete	86 - C1	6	23:45:00	0:45:00	15		
Barrete	86 - C1	7	0:45:00	1:45:00	16		
Barrete	86 - C1	8	1:45:00	2:45:00	8		
Barrete	87 - C1	1	11:02:00	12:02:00	40	148	Cumple
Barrete	87 - C1	2	12:02:00	13:02:00	24		
Barrete	87 - C1	3	13:02:00	14:02:00	8		
Barrete	87 - C1	4	14:02:00	15:02:00	8		
Barrete	87 - C1	5	15:02:00	16:02:00	45		
Barrete	87 - C1	6	16:02:00	17:02:00	15		
Barrete	87 - C1	7	17:02:00	18:02:00	0		
Barrete	87 - C1	8	18:02:00	19:02:00	8		
Barrete	88 - C1	1	13:00:00	14:00:00	16	158	No Cumple
Barrete	88 - C1	2	14:00:00	15:00:00	40		
Barrete	88 - C1	3	15:00:00	16:00:00	8		
Barrete	88 - C1	4	16:00:00	17:00:00	0		
Barrete	88 - C1	5	17:00:00	18:00:00	8		
Barrete	88 - C1	6	18:00:00	19:00:00	43		
Barrete	88 - C1	7	19:00:00	20:00:00	28		
Barrete	88 - C1	8	20:00:00	21:00:00	0		
Barrete	88 - C1	9	21:00:00	22:00:00	8		
Barrete	88 - C1	10	22:00:00	23:00:00	7		
Barrete	89 - C1	1	9:17:00	10:17:00	39	316	Cumple
Barrete	89 - C1	2	10:17:00	11:17:00	9		
Barrete	89 - C1	3	11:17:00	12:17:00	39		
Barrete	89 - C1	4	12:17:00	13:17:00	24		
Barrete	89 - C1	5	13:17:00	14:17:00	24		
Barrete	89 - C1	6	14:17:00	15:17:00	8		
Barrete	89 - C1	7	15:17:00	16:17:00	16		
Barrete	89 - C1	8	16:17:00	17:17:00	23		
Barrete	89 - C1	9	17:17:00	18:17:00	16		
Barrete	89 - C1	10	18:17:00	19:17:00	15		
Barrete	89 - C1	11	19:17:00	20:17:00	7		
Barrete	89 - C1	12	20:17:00	21:17:00	23		
Barrete	89 - C1	13	21:17:00	22:17:00	29		
Barrete	89 - C1	14	22:17:00	23:17:00	34		
Barrete	89 - C1	15	23:17:00	0:17:00	10		
Barrete	90 - C1	1	11:35:00	12:35:00	32	316	Aceptable
Barrete	90 - C1	2	12:35:00	13:35:00	16		
Barrete	90 - C1	3	13:35:00	14:35:00	39,5		
Barrete	90 - C1	4	14:35:00	15:35:00	7,5		
Barrete	90 - C1	5	15:35:00	16:35:00	0		

Tipo Elemento	No. Elemento	Hora Fundida Elemento	Hora inicio	Hora Final	Rata Suministro (m3/hora)	Vol. Total (m3)	Cumplimiento Rata Suministro
Barrete	90 - C1	6	16:35:00	17:35:00	15	147	
Barrete	90 - C1	7	17:35:00	18:35:00	16		
Barrete	90 - C1	8	18:35:00	19:35:00	16		
Barrete	90 - C1	9	19:35:00	20:35:00	0		
Barrete	90 - C1	10	20:35:00	21:35:00	5		
Barrete	91 - C1	1	9:59:00	10:59:00	40		Cumple
Barrete	91 - C1	2	10:59:00	11:59:00	24		
Barrete	91 - C1	3	11:59:00	12:59:00	8		
Barrete	91 - C1	4	12:59:00	13:59:00	23		
Barrete	91 - C1	5	13:59:00	14:59:00	15		
Barrete	91 - C1	6	14:59:00	15:59:00	28		
Barrete	91 - C1	7	15:59:00	16:59:00	7		
Barrete	91 - C1	8	16:59:00	17:59:00	14		
Barrete	91 - C1	9	17:59:00	18:59:00	0		
Barrete	91 - C1	10	18:59:00	19:59:00	3,5	162,5	
Barrete	92 - C1	1	10:02:00	11:02:00	55		Cumple
Barrete	92 - C1	2	11:02:00	12:02:00	37,5		
Barrete	92 - C1	3	12:02:00	13:02:00	45,5		
Barrete	92 - C1	4	13:02:00	14:02:00	16		
Barrete	92 - C1	5	14:02:00	15:02:00	15		
Barrete	92 - C1	6	15:02:00	16:02:00	0		
Barrete	92 - C1	7	16:02:00	17:02:00	23,5		
Barrete	92 - C1	8	17:02:00	18:02:00	47,5		
Barrete	92 - C1	9	18:02:00	19:02:00	22,5		
Barrete	92 - C1	10	19:02:00	20:02:00	33,5		
Barrete	92 - C1	11	20:02:00	21:02:00	29		
Barrete	92 - C1	12	21:02:00	22:02:00	7	332	
Pantalón	69 - columna Q1	1	13:08:00	14:08:00	14		No Cumple
Pantalón	69 - columna Q1	2	14:08:00	15:08:00	25		
Pantalón	69 - columna Q1	3	15:08:00	16:08:00	7		
Pantalón	69 - columna Q1	4	16:08:00	17:08:00	23		
Pantalón	69 - columna Q1	5	17:08:00	18:08:00	8		
Pantalón	69 - columna Q1	6	18:08:00	19:08:00	21,75		
Pantalón	69 - columna Q1	7	19:08:00	20:08:00	7,25		
Pantalón	69 - columna Q1	8	20:08:00	21:08:00	14		
Pantalón	69 - columna Q1	9	21:08:00	22:08:00	7	127	
Pantalón	65 - columna Q3	1	12:15:00	13:15:00	39		Cumple
Pantalón	65 - columna Q3	2	13:15:00	14:15:00	15,5		
Pantalón	65 - columna Q3	3	14:15:00	15:15:00	7,5		
Pantalón	65 - columna Q3	4	15:15:00	16:15:00	7,5		
Pantalón	65 - columna Q3	5	16:15:00	17:15:00	11		
Pantalón	65 - columna Q3	6	17:15:00	18:15:00	13,5		
Pantalón	65 - columna Q3	7	18:15:00	19:15:00	24		

Tipo Elemento	No. Elemento	Hora Fundida Elemento	Hora inicio	Hora Final	Rata Suministro (m3/hora)	Vol. Total (m3)	Cumplimiento Rata Suministro
Pantalón	65 - columna Q3	8	19:15:00	20:15:00	0	122	
Pantalón	65 - columna Q3	9	20:15:00	21:15:00	0		
Pantalón	65 - columna Q3	10	21:15:00	22:15:00	4		
Pantalón	63 - columna Q4	1	12:33:00	13:33:00	8	114	No Cumple
Pantalón	63 - columna Q4	2	13:33:00	14:33:00	38,5		
Pantalón	63 - columna Q4	3	14:33:00	15:33:00	8		
Pantalón	63 - columna Q4	4	15:33:00	16:33:00	15		
Pantalón	63 - columna Q4	5	16:33:00	17:33:00	16,5		
Pantalón	63 - columna Q4	6	17:33:00	18:33:00	16		
Pantalón	63 - columna Q4	7	18:33:00	19:33:00	8		
Pantalón	63 - columna Q4	8	19:33:00	20:33:00	4		
Pantalón	60 - columna Q5	1	14:55:00	15:55:00	24	160	No Cumple
Pantalón	60 - columna Q5	2	15:55:00	16:55:00	7		
Pantalón	60 - columna Q5	3	16:55:00	17:55:00	46		
Pantalón	60 - columna Q5	4	17:55:00	18:55:00	7		
Pantalón	60 - columna Q5	5	18:55:00	19:55:00	22		
Pantalón	60 - columna Q5	6	19:55:00	20:55:00	7		
Pantalón	60 - columna Q5	7	20:55:00	21:55:00	16		
Pantalón	60 - columna Q5	8	21:55:00	22:55:00	21		
Pantalón	60 - columna Q5	9	22:55:00	23:55:00	10		
Pantalón	58 - columna Q6	1	12:53:00	13:53:00	24	180	No Cumple
Pantalón	58 - columna Q6	2	13:53:00	14:53:00	15		
Pantalón	58 - columna Q6	3	14:53:00	15:53:00	25		
Pantalón	58 - columna Q6	4	15:53:00	16:53:00	15		
Pantalón	58 - columna Q6	5	16:53:00	17:53:00	16		
Pantalón	58 - columna Q6	6	17:53:00	18:53:00	39		
Pantalón	58 - columna Q6	7	18:53:00	19:53:00	12		
Pantalón	58 - columna Q6	8	19:53:00	20:53:00	22		
Pantalón	58 - columna Q6	9	20:53:00	21:53:00	0		
Pantalón	58 - columna Q6	10	21:53:00	22:53:00	12		
Pantalón	56 - columna Q7	1	11:41:00	12:41:00	24	176	No Cumple
Pantalón	56 - columna Q7	2	12:41:00	13:41:00	23,5		
Pantalón	56 - columna Q7	3	13:41:00	14:41:00	8		
Pantalón	56 - columna Q7	4	14:41:00	15:41:00	8		
Pantalón	56 - columna Q7	5	15:41:00	16:41:00	14		
Pantalón	56 - columna Q7	6	16:41:00	17:41:00	16		
Pantalón	56 - columna Q7	7	17:41:00	18:41:00	22,5		
Pantalón	56 - columna Q7	8	18:41:00	19:41:00	0		
Pantalón	56 - columna Q7	9	19:41:00	20:41:00	24		
Pantalón	56 - columna Q7	10	20:41:00	21:41:00	28		
Pantalón	56 - columna Q7	11	21:41:00	22:41:00	0		
Pantalón	56 - columna Q7	12	22:41:00	23:41:00	8		
Pantalón	112 - columna R3	1	12:45:00	13:45:00	16		No Cumple

Tipo Elemento	No. Elemento	Hora Fundida Elemento	Hora inicio	Hora Final	Rata Suministro (m3/hora)	Vol. Total (m3)	Cumplimiento Rata Suministro
Pantalón	112 - columna R3	2	13:45:00	14:45:00	24		
Pantalón	112 - columna R3	3	14:45:00	15:45:00	24		
Pantalón	112 - columna R3	4	15:45:00	16:45:00	8		
Pantalón	112 - columna R3	5	16:45:00	17:45:00	15		
Pantalón	112 - columna R3	6	17:45:00	18:45:00	39		
Pantalón	112 - columna R3	7	18:45:00	19:45:00	15		
Pantalón	112 - columna R3	8	19:45:00	20:45:00	32		
Pantalón	112 - columna R3	9	20:45:00	21:45:00	0		
Pantalón	112 - columna R3	10	21:45:00	22:45:00	8	181	

155. En línea con lo expuesto, como se ha mencionado anteriormente, en la mayoría de los casos, se cumplió en el arranque con la rata de suministro de concreto establecida, pero por causas propias a la logística y los procesos constructivos de EYT,⁷⁰ se presentaron demoras en la descarga del concreto que dificultaron el cumplimiento de la rata de suministro acordada en las siguientes horas, hasta el final de la fundida.
156. A continuación, se muestran el resultado del análisis de los elementos (27) que cumplieron o son aceptables y/o no cumplieron con la rata de suministro establecida en la primera hora de fundida:

Tabla 6. Resultados del análisis de cumplimiento de Rata de suministro en el Arranque de Fundida.

Elementos que Cumplen	10	37%
Elementos Aceptables	6	22%
Elementos que No Cumplen	11	41%
Total Elementos Analizados	27	100%

157. En resumen, se observa que el (59%) de los elementos presentaron valores aceptables o cumplieron con la rata de suministro de 35 m3/h con valores iguales o mayores a la rata de suministro establecida durante la primera hora (arranque) de fundida del elemento.
158. De acuerdo con lo anterior, se reafirma lo mencionado por GPS en cuanto al incumplimiento de EYT en garantizar las condiciones óptimas en obra para no demorar las mixers en los vaciados de concreto por más de 45 min, tal como se indica a continuación:⁷¹

“(…) Para asegurar una rata de 35 m3/h, era fundamental que EYT garantizará la logística en obra de las actividades previas a la fundida de concreto del elemento, con el fin de que, al momento de la llegada de cada mixer a obra, no se presentaran inconvenientes técnicos que retrasaran la descarga del concreto.

⁷⁰ Dictamen GPS1. Capítulo 7, página 49

⁷¹ Dictamen GPS1. Capítulo 7, subcapítulo 7.2, Página 50.

Los retrasos para descargar el concreto fueron reiterativos durante la fundida de los elementos y las causas fueron producto a inconvenientes técnicos relacionados con los procesos constructivos implementados por EYT, tales como:

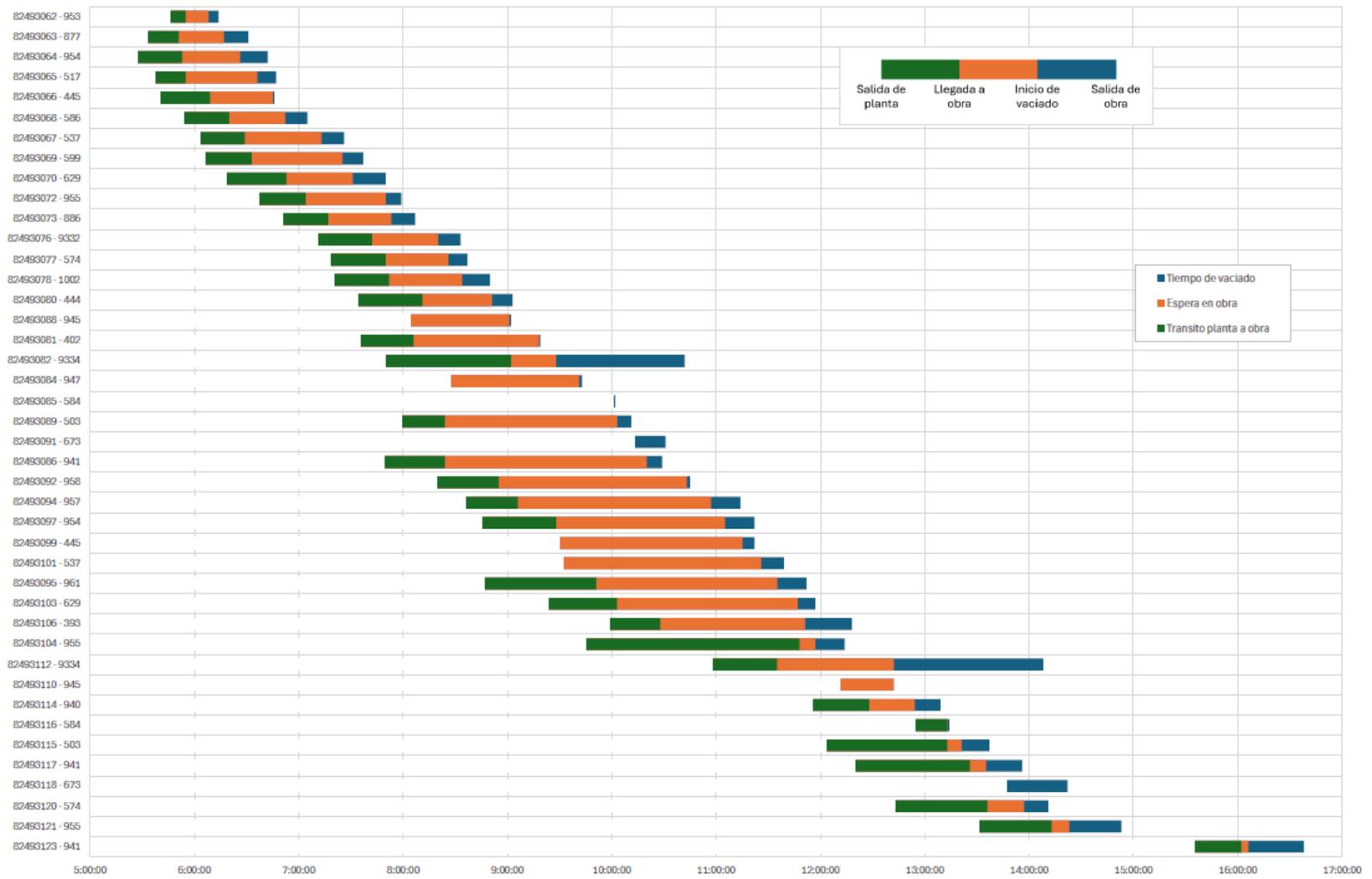
- *Demoras en la entrega del elemento para fundir por deficientes procedimientos en el armado y aseguramiento de la canasta de acero.*
- *Taponamientos del tubo Tremie al inicio de la fundida.*
- *Inadecuado armado y aseguramiento de acero de las canastas de refuerzo.*

El desorden y falta de mantenimiento de vías internas impidió el normal desplazamiento del mixer durante el descargue del concreto, facilitando el retorno del lote de mixer a la planta para cargue de concreto nuevamente y regreso a obra en el menor tiempo posible.

La falta de mantenimiento de las vías, los equipos y materiales, representaron incumplimientos por parte de EYT, como lo mencionan de manera reiterativa la interventoría en sus informes mensuales No 11, 12 y 13 correspondientes a los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2021.”

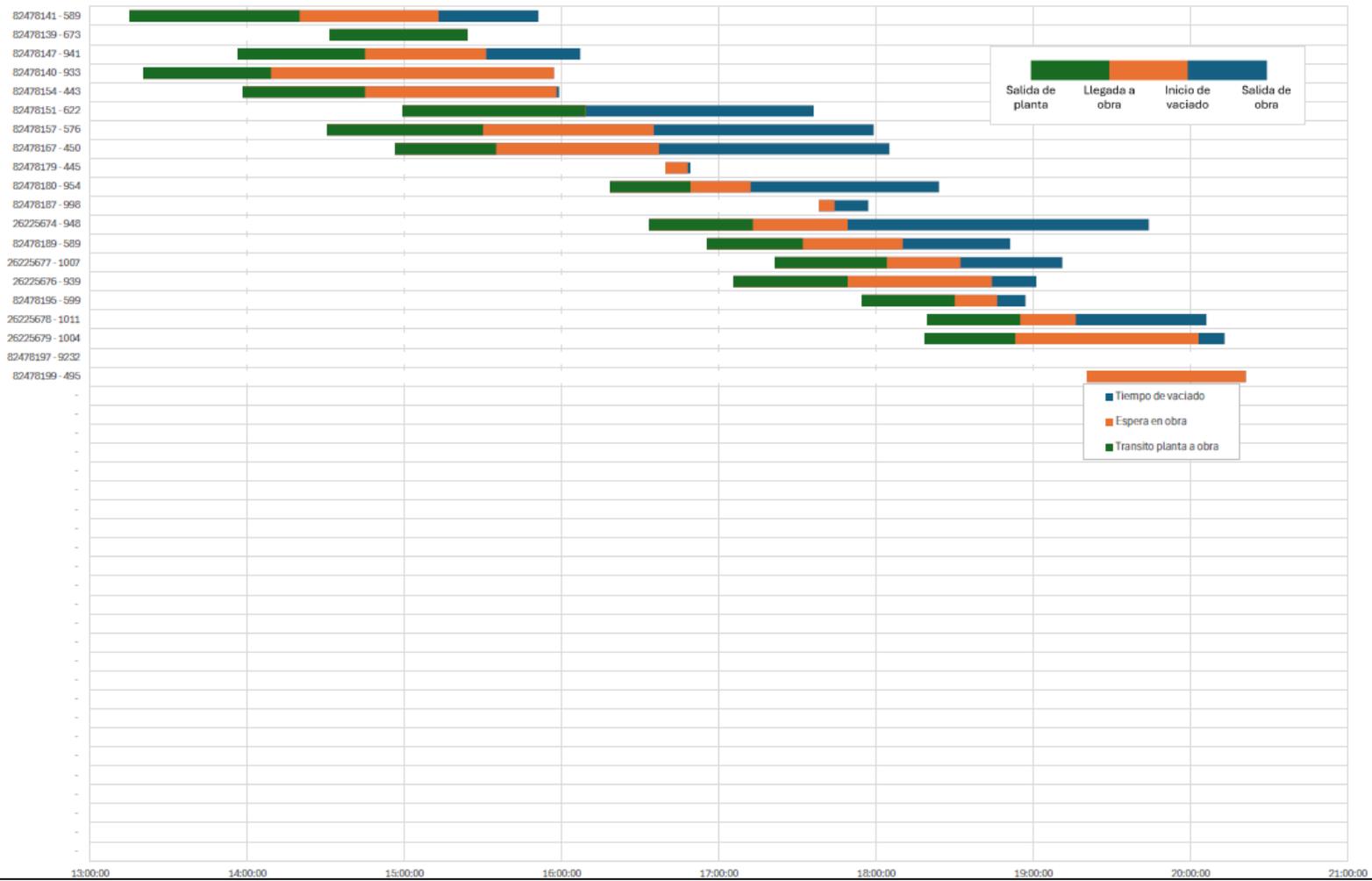
159. De acuerdo con lo anterior, se incluye 2 gráficas de tiempos del ciclo de cada viaje de concreto (salida de planta, llegada a la obra, inicio de vaciado y salida de obra) para los elementos Barrete 73-C1 y 82-C1. Vale la pena destacar que, de los 27 elementos analizados, algunos de ellos presentan el mayor volumen de concreto de la cimentación.

Tiempos de Mixers para fundida elemento Barrete 73 - C1



Tiempo de Viajes de Concreto Suministrado en Fundida del Elemento – Barrete 73 – C1.

Tiempos de Mixers para fundida elemento Barrete 82 - C1



Tiempo de Viajes de Concreto Suministrado en Fundida del Elemento – Barrete 82 – C1.

Figura 15. Tiempo de Viajes de Concreto Suministrado en Fundida del Elemento - Barretes 73-C1 y 82-C1.

160. De las anteriores figuras de los elementos Barretes 73-C1 y 82-C1, considerados como ejemplos, se puede observar los tiempos de fundida, en color verde se indican los recorridos del mixer desde la planta hasta la obra, en color naranja los tiempos de espera del mixer en obra y con color azul el tiempo de vaciado del mixer. Se observa en la figura, que el Barrete 73-C1, presenta en 16 de los 42 viajes de concreto, tiempos de espera en la obra mayores a 45 min.⁷²
161. De la información obtenida, se puede indicar que según lo mencionado por GPS en el Dictamen GPS1,⁷³ es de suma importancia conocer las distancias y los tiempos de recorrido desde las plantas de concreto (Puente Aranda - Calle 80) hasta la obra, para comprender los tiempos de recorrido de estos en distintos horarios, entendiendo que en horas pico, producto de la intensidad del tráfico, serían tiempos mayores a 30 min. A continuación, se muestra los recorridos de las dos plantas a obra considerando a las 8:00 AM.

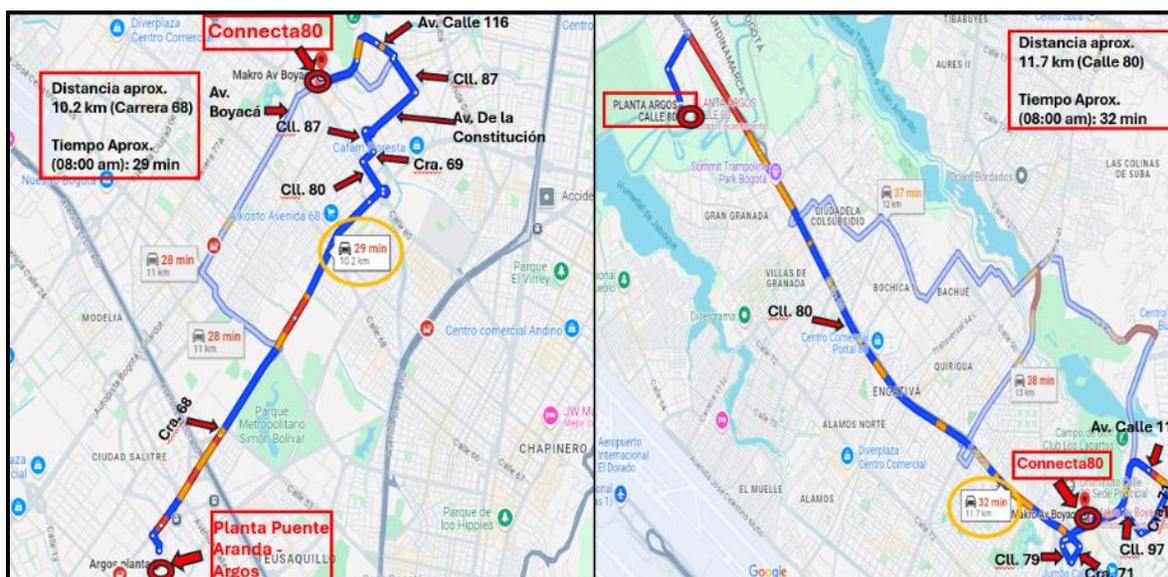


Figura 16. Recorridos de las Plantas de Argos hasta el Proyecto Connecta 80. (Fuente Google Maps).

162. Como se muestra en la figura anterior, los tiempos de recorrido son aproximadamente entre 29 - 32 min para los recorridos de 10,2 y 11,7 km, de las plantas Puente Aranda – Calle 80 respectivamente, en el horario de 08:00 am.
163. Dicho lo anterior y según la información contenida en las gráficas de la Figura 15, durante las horas pico (12:00 p.m. - 8:00 p.m.), algunos viajes de concreto registraron tiempos de recorrido superiores a 32 minutos. Se identifica más del 50% del total de recorrido en estas condiciones para los siguientes elementos:

⁷² Apéndice GPS-A-042. Análisis elementos (27) con mayor volumen de concreto en la cimentación del Proyecto. (hoja 1)

⁷³ Dictamen GPS-1. Capítulo 7.

- Barretes 74-C1, 75-C1, 76-C1, 77-C1, 78-C1, 79-C1, 80-C1, 81-C1, 82-C1, 84-C1, 85-C1, 87-C1, 88-C1, 89-C1, 90-C1, 91-C1, 92-C1,
- Pantalones 65 (columna Q3), 60 (columna Q5), 58 (columna Q6), 56 (columna Q7) y 112 (columna R3).⁷⁴

164. Es decir, para el 81,5% de los elementos analizados el tiempo de recorrido fue mayor. Lo anterior, era un factor adicional por el cual EYT como experto, debió tenerlo en cuenta en la programación y especificación del concreto, que le permitiera garantizar las condiciones en obra, para que no se presentarán mayores tiempos y contratiempos en la manejabilidad de los concretos suministrados y contribuir al cumplimiento de la rata de suministro.

165. A continuación, se incluye un ejemplo del registro de los tiempos de uno de los elementos con tiempo de recorrido mayores a 32 min desde la planta de concreto hasta la obra.⁷⁵

Tabla 7. Tiempos de Recorrido del concreto para el Elemento Barrete 80-C1.

No. Viaje	Remisión	No. Mixer	Volumen Concreto M3	Hora Salida Planta	Hora Llegada Obra	Hora inicio Descarga	Hora Salida Obra	Tiempos Recorridos	Tiempos Espera	Tiempos Fundida
1	26225880	1006	6	11:23:00	12:14:00	12:56:00	13:37:00	0:51:00	0:42:00	0:41:00
2	26225881	1011	6	11:36:00	12:28:00	13:07:00	13:08:00	0:52:00	0:39:00	0:44:33
3	82479139	590	7	12:00:00	12:47:00	13:24:00	13:26:00	0:47:00	0:37:00	0:02:00
4	26225886	1008	8	12:13:00	13:16:00	13:35:00	15:22:00	1:03:00	0:19:00	1:47:00
5	26225889	1013	6	12:34:00	13:33:00	14:03:00	14:21:00	0:59:00	0:30:00	0:18:00
6	82479152	874	8	13:59:00	13:59:00	14:15:00	14:17:00	0:53:00	0:16:00	0:02:00
7	26225884	1000	6	14:19:00	14:19:00	14:19:00	14:21:00	0:53:00	0:27:06	0:02:00
8	26225895	932	6.5	13:49:00	14:43:00	14:59:00	15:00:00	0:54:00	0:16:00	0:44:33
9	82479173	887	8	15:44:00	15:44:00	15:44:00	16:08:00	0:53:00	0:27:06	0:24:00
10	26225897	1007	8	14:44:00	15:29:00	15:53:00	16:17:00	0:45:00	0:24:00	0:24:00
11	26225903	1008	8	15:56:00	16:41:00	16:50:00	19:08:00	0:45:00	0:09:00	2:18:00
12	26225900	948	8	15:30:00	16:12:00	16:55:00	16:57:00	0:42:00	0:43:00	0:02:00
13	26225906	999	7	16:23:00	17:10:00	17:20:00	20:14:00	0:47:00	0:10:00	2:54:00
14	26225910	932	6	17:08:00	18:04:00	18:34:00	18:35:00	0:56:00	0:30:00	0:44:33
15	26225911	1007	6	17:51:00	18:30:00	18:44:00	19:27:00	0:39:00	0:14:00	0:43:00
16	26225912	1013	5.5	18:13:00	19:04:00	19:11:00	19:26:00	0:51:00	0:07:00	0:15:00
17	82479223	629	7	18:11:00	19:17:00	19:30:00	19:47:00	1:06:00	0:13:00	0:17:00
18	82479224	940	7	18:22:00	19:18:00	19:41:00	19:57:00	0:56:00	0:23:00	0:16:00
19	82479225	1002	7	17:49:00	19:25:00	19:55:00	20:45:00	1:36:00	0:30:00	0:50:00
20	26225913	1006	7	18:39:00	19:25:00	20:06:00	21:39:00	0:46:00	0:41:00	1:33:00
21	26225914	1013	7	18:47:00	19:26:00	20:38:00	21:12:00	0:39:00	1:12:00	0:34:00

⁷⁴ Apéndice GPS-A-042. Análisis elementos (27) con mayor volumen de concreto en la cimentación del Proyecto.

⁷⁵ Apéndice GPS-A-042. Análisis elementos (27) con mayor volumen de concreto en la cimentación del Proyecto. (barrete 80-C1)

166. Según la tabla anterior, señalado en rojo se observa los tiempos de recorrido del elemento Barrete 80-C1 con tiempos de recorrido mayores a 32 minutos.
167. Por otra parte, durante la fundida, el 62.5% de los elementos analizados presentaron mayores tiempos de espera de mixer cargadas con concreto, con tiempos mayores a 45 min. Estos fueron los siguientes:
- Barretes 73-C1, 74-C1, 75-C1, 77-C1, 78-C1, 81-C1, 82-C1, 84-C1, 85-C1, 88-C1, 90-C1, 91-C1, 92-C1,
 - Pantalones 69 – columna Q1, 65 – columna Q3, 63 – columna Q4, 56 – columna Q7.
168. De acuerdo con lo anterior, en algunos casos, los tiempos de espera en obra alcanzaron a ser mayor a 2 horas. Tal es el caso del viaje de concreto con remisión No. 82494115⁷⁶ con No de mixer 433 de la fundida del elemento Pantalón 69-Columna Q1 que se fundió el 6 de enero de 2022, en donde se registró la llegada a obra a las 13:08 y el descargue inicio a las 15:31.⁷⁷ El tiempo total de espera en obra fue de 2,23 horas.⁷⁸
169. También, como complemento a lo anterior, se debe mencionar que durante la fundida de algunos elementos fueron recurrentes mayores tiempos de espera, como fue el caso durante la fundida del elemento Barrete 84-C1, que durante su fundida, de 18 viajes de concreto, Presentó en 10 viajes tiempos de espera mayores a 1 hora,⁷⁹ tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 8. Tiempos de Espera Durante la Fundida del Elemento Barrete 84-C1.

No. Viaje	No. Remisión	No. Mixer	Volumen Concreto M3	Hora Salida Planta	Hora Llegada Obra	Hora inicio Descarga	Hora Salida Obra	Tiempos Recorridos	Tiempos Espera	Tiempos Fundida
1	82480477	938	8	12:43:00	13:13:00	14:50:00	15:43:00	0:30:00	1:37:00	0:53:00
4	82480482	887	8	14:27:00	14:27:00	16:13:00	16:15:00	0:46:26	1:46:00	0:02:00
6	82480517	953	8	14:59:00	15:38:00	16:47:00	17:24:00	0:39:00	1:09:00	0:37:00
7	26226212	948	8	15:25:00	16:15:00	17:31:00	18:01:00	0:50:00	1:16:00	0:30:00
12	82480545	955	8	16:43:00	17:25:00	18:35:00	18:52:00	0:42:00	1:10:00	0:17:00
13	26226220	1004	8	16:56:00	17:44:00	18:57:00	19:25:00	0:48:00	1:13:00	0:28:00
14	26226224	1012	8	17:20:00	18:01:00	19:22:00	19:49:00	0:41:00	1:21:00	0:27:00
15	26226225	1014	8	17:36:00	18:23:00	19:44:00	20:14:00	0:47:00	1:21:00	0:30:00
17	26226227	1013	7	18:21:00	19:08:00	20:42:00	21:24:00	0:47:00	1:34:00	0:42:00
18	26226228	367	7	18:25:00	19:11:00	21:15:00	21:20:00	0:46:00	2:04:00	0:05:00

170. Como se puede observar de la anterior tabla, la columna marcados con letra en color rojo, se indican los 10 viajes de concreto que presentaron tiempos de espera mayores a 1 hora, es decir

⁷⁶ Anexo GPS-093. Tiempo de Fundida Pantalón 69, página 6.

⁷⁷ Anexo GPS-092. Reporte Tiempos de suministro vs Tiempos de Vaciado, pág. 101.

⁷⁸ Apéndice GPS-A-042. Análisis elementos (27) con mayor volumen de concreto en la cimentación del Proyecto, Hoja Pant 69-Col Q1.

⁷⁹ Apéndice GPS-A-042. Análisis elementos (27) con mayor volumen de concreto en la cimentación del Proyecto.

el 77,8% de la totalidad de los viajes de concreto para este elemento presentaron tiempos de espera mayores a 1 hora.

171. Sin lugar a duda, los tiempos de espera en obra fueron excesivos y los mayores tiempos en el vaciado de concreto, fue reiterativo en la mayoría de fundidas de los elementos, lo cual ocasionó que se excediera el tiempo respecto al establecido de manejabilidad del concreto. Además, incidió de manera negativa en la manejabilidad del concreto y el no cumplimiento de la rata de suministro por las mixers en las horas posteriores.
172. Adicionalmente, como se mencionó en el dictamen técnico GPS1,⁸⁰ las demoras para descargar las mixers se presentaron por causas propias del proceso constructivo implementado por EYT, tales como:
- Taponamiento de la tubería Tremie.⁸¹
 - Retiro parcial (corte) de la tubería Tremie.⁸²
 - Dificultades en el desplazamiento de las mixers por:⁸³
 - Mal estados de los accesos al elemento a hormigonar.
 - Dificultades en la movilidad de las mixers por el desorden en el acopio de equipos y materiales utilizados por EYT.⁸⁴
 - Demoras en el retiro de los lodos poliméricos y la recirculación de estos para remover material en suspensión.⁸⁵
 - Demoras en la instalación de las canastas de refuerzo.⁸⁶
 - Cuando la expansión es mayor, aumenta el tiempo de espera de los carros en la obra por pedidos no planeados.⁸⁷
 - Se presentaron contratiempos con las actividades previas a la fundida que ocasionaron demoras en la entrega del elemento a fundir por parte de EYT.⁸⁸
 - Iniciar la colocación del concreto sin asegurar la cantidad mínima del volumen requerido.
 - El lavado de las llantas de las mixers antes de salir de la obra.⁸⁹
173. Ahora bien, los elementos que durante la fundida presentaron mayores tiempos en el proceso de descarga de concreto, siendo mayores a 45 minutos, fueron:

⁸⁰ Dictamen GPS1, Página 63.

⁸¹ Ver GPS1, Anexo GPS-026.

⁸² Ver GPS1, Anexo GPS-011.

⁸³ Ver GPS1, Apéndice GPS-A- 005.

⁸⁴ Ver GPS1, Anexo GPS-046.

⁸⁵ Ver GPS1, Anexo GPS-077.

⁸⁶ Ver GPS1, Anexo GPS-025.

⁸⁷ Ver GPS1, Anexo GPS-034.

⁸⁸ Ver GPS1, Anexo GPS-034.

⁸⁹ Ver GPS1, Anexo GPS-046.

- Barretes 73-C1, 74-C1, 77-C1, 80-C1, 81-C1, 82-C1, 83-C1, 84-C1, 85-C1, 87-C1, 88-C1, 90-C1, los cuales corresponden al 44% de los elementos analizados. Vale la pena mencionar que en estos elementos según el análisis realizado en GPS1,⁹⁰ se identificaron problemas de calidad tales como: bajas resistencias de concreto, incumplimiento de la profundidad del tubo Tremie, observaciones en las pruebas PIT – Cross Hole – PDA, entre otros.

174. Se incluye un ejemplo del registro de los tiempos de fundida del elemento Barrete 88-C1, con tiempos mayores de 45 min en la descarga del concreto:

Tabla 9. Tiempos de Fundida de Concreto para el Elemento Barrete 88-C1.

No. Viaje	Remisión	No. Mixer	Volumen Concreto M3	Hora Salida Planta	Hora Llegada Obra	Hora inicio Descarga	Hora Salida Obra	Tiempos Recorridos	Tiempos Espera	Tiempos Fundida
1	82479581	673	8	13:02:00	14:19:00	14:35:00	15:48:00	1:17:00	0:16:00	1:13:00
2	82479573	933	8	12:59:00	13:00:00	14:37:00	14:49:00	0:01:00	1:37:00	0:12:00
3	26225990	1007	8	13:23:00	14:20:00	15:19:00	17:03:00	0:57:00	0:59:00	1:44:00
4	82479574	626	8	13:43:00	13:44:00	15:26:00	15:26:00	0:01:00	1:42:00	0:51:35
5	82479589	951	8	13:23:00	14:25:00	15:57:00	15:57:00	1:02:00	1:32:00	0:51:35
6	26225991	1000	8	13:41:00	14:33:00	16:07:00	16:48:00	0:52:00	1:34:00	0:41:00
7	26225992	1013	8	14:02:00	14:46:00	16:19:00	17:24:00	0:44:00	1:33:00	1:05:00
8	26225995	1012	8	14:17:00	15:02:00	16:28:00	17:23:00	0:45:00	1:26:00	0:55:00
9	26226002	999	8	17:17:00	17:17:00	17:28:00	17:51:00	0:43:23	0:11:00	0:23:00
10	26226004	1014	8	17:17:00	18:07:00	18:17:00	19:27:00	0:50:00	0:10:00	1:10:00
11	26226005	1009	8	17:24:00	18:10:00	18:34:00	19:12:00	0:46:00	0:24:00	0:38:00
12	26226007	948	7	17:39:00	18:26:00	18:54:00	20:47:00	0:47:00	0:28:00	1:53:00
13	26226006	1007	7	17:34:00	18:28:00	19:08:00	20:12:00	0:54:00	0:40:00	1:04:00
14	26226008	1000	6	18:03:00	18:46:00	19:26:00	20:01:00	0:43:00	0:40:00	0:35:00
15	26226009	1008	7	18:54:00	18:54:00	19:46:00	21:20:00	0:43:23	0:52:00	1:34:00
16	26226011	1013	7	18:32:00	19:12:00	20:09:00	21:05:00	0:40:00	0:57:00	0:56:00
17	26226010	1004	7	18:18:00	19:04:00	20:15:00	20:39:00	0:46:00	1:11:00	0:24:00
18	26226013	1012	7	18:48:00	19:31:00	20:23:00	21:05:00	0:43:00	0:52:00	0:42:00
19	26226012	1005	7	18:52:00	19:34:00	20:48:00	21:31:00	0:42:00	1:14:00	0:43:00
20	82479655	951	8	21:45:00	21:45:00	21:52:00	22:07:00	0:43:23	0:07:00	0:15:00
21	82479656	940	7	21:37:00	22:08:00	22:16:00	22:29:00	0:31:00	0:08:00	0:13:00

175. Según el registro de los tiempos de descarga de concreto del barrete 88-C1, se puede observar que 11 viajes de 21 en total presentaron tiempos mayores a 45 min.

176. Adicionalmente, del seguimiento a los tiempos de descarga de concreto de los 27 elementos analizados, se identificó que en algunos de ellos se alcanzaron tiempos máximos de descarga de hasta 2.54 horas, como es el caso del elemento Barrete 80-C1, que en el viaje de concreto No. 13,

⁹⁰ Ver GPS1, Apéndice GPS-A-006.

con el mixer No. 999 de remisión 26225906, registró la salida de planta a las 16:23, hora de llegada a la obra a las 17:10, hora de inicio de vaciado 17:20 y hora de salida de obra (fin de descarga) 20:14.⁹¹ En la hoja de vida del elemento no se reporta la causa de la demora en la descarga del viaje de concreto.

177. Vale la pena indicar que, durante el análisis de los tiempos para descarga de concreto, según los registros de algunas remisiones del concreto, se encontraron algunas inconsistencias con los horarios reportados, debido a que por ejemplo, se registró en la remisión la misma hora de salida de planta, con la hora de llegada a obra y con la hora de inicio de descarga, lo cual, es un error posiblemente en la digitación del horario. Sin embargo, GPS para estos casos, tomó un valor promedio del total de los tiempos de recorrido, tiempos de espera y tiempos de fundida del elemento.
178. Por último, en complemento a lo mencionado sobre la rata de suministro de concreto de algunos elementos, Argos entregó un informe el 14 de marzo de 2022,⁹² relacionando las condiciones de suministro de concreto y los eventos presentes durante la fundida de elementos ejecutados durante los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre del 2021. En este informe, Argos realizó una trazabilidad de elementos por solicitud de ARPRO⁹³ como se muestra en la siguiente figura.

Elemento	Módulo	# Pedido	Fecha de fundida
Pantalón	126	100029	22/06/2021
Pantalón	85	100074	29/09/2021
Pantalón	130	100010	24/06/2021
Pantalón	132	100053	29/07/2021
Pantalla	92	100044	6/09/2021
Pantalón	89	100057	25/09/2021
Pantalón	94	100063	4/09/2021
Pantalón	103	100011	27/07/2021
Pantalón/Pantalla	107-106	100010	13/08/2021
Pantalón	6	100045	2/08/2021
Pantalón	9	500021	24/07/2021
Pantalón	13	100022	23/06/2021
Pantalla	15	100011	17/05/2021
Pantalla	19	100056	28/05/2021
Pantalla	91	100046	9/09/2021
Pantalla	93	100004 y 100063	5/09/2021
Pantalla	105	100044	10/07/2021
Pantalla	18	100016	25/05/2021
Pantalla	90	100057	25/09/2021
Pantalla	8	223095	1/06/2021

Figura 17. Listado de Elementos para Trazabilidad de Concretos por parte ARGOS.

⁹¹ Anexo GPS-091. Hoja de vida Barrete 80 – compilación. (pág. 65)

⁹² Ver GPS1, Anexo GPS-046.

⁹³ Ver GPS1, Anexo GPS-046.

179. Argos, en el análisis de la trazabilidad de concretos solicitado, revisó cada uno de los pedidos de concreto para cada elemento, mencionando las novedades reportadas, auditorias y llamadas, con el fin de establecer las condiciones de suministro de estos. A continuación, se relacionan las observaciones en general de la trazabilidad de los elementos:⁹⁴

- Programación de concretos con (2-3) días de anticipación, (con información del responsable del pedido, fecha, hora y volumen de concreto requerido para el pedido)
- Días Previos o durante la fundida, se presentaron en más de una oportunidad, varias solicitudes de ajustes del volumen de concreto diferentes a los ya programados previamente (aumentando o disminuyendo la cantidad). Como se observa en la siguiente figura, durante la fundida del elemento Pantalón 94 y Pantalla 93, se presentaron 6 solicitudes de ajustes al volumen de concreto respecto al inicial programado.

- Se programa el despacho a las 2:50 pm el 3 de septiembre de 2021 por Cristian Davila con 150,00 m3 para el 4 de septiembre de 2021 a las 2:30 pm en estado por confirmar.
- A las 7:30 pm del 4 de septiembre de 2021, Sara mestizo, solicita ampliar el pedido a 210,00 m3, se le informa que el suministro se ve afectado ya que no se contemplaba un volumen adicional.
- A las 9:00 pm del 4 de septiembre de 2021, Sara mestizo, aumenta el volumen a 226,00 m3, se le informa que el despacho y cumplimiento se ven afectados por disponibilidad de flota al subir por segunda ocasión el volumen.
- A las 10:45 pm del 4 de septiembre de 2021, Sara mestizo, aumenta el volumen por tercera ocasión dejando en total 240,00m3.
- A las 12:45 am del 5 de septiembre de 2021, David Sotaquira, solicita por cuarta ocasión un ajuste de 8,00 m3 para un total de 248,00 m3.
- A las 2:15 am del 5 de septiembre de 2021, Sara Mestizo, solicita por quinta ocasión un ajuste de 8,00 m3 para un total de 256,00 m3.
- A las 3:45 am del 5 de septiembre de 2021, Sara Mestizo, solicita por sexta ocasión un ajuste de 16,00 m3 para un total de 256,00 m3.
- A las 4:30 am del 5 de septiembre de 2021, se le informa a Sara Mestizo, que no se cuenta con el personal para seguir ampliando el cupo se despacha 270,00 m3 y se cierra la planta.
- De los 35 viajes despachados 31 viajes presentaron demoras de más de 45 minutos en su colocación.
- Tiempo máximo sin concreto en obra fue de 23 minutos ya que en obra presentaron demoras en el descargue y el volumen fue modificado en 6 ocasiones.
- Horas de suministro:

HORA SUMINISTRO	M3/Hr
13:52	32,00
14:52	48,00
15:52	48,00
16:52	22,00
17:52	0,00
18:52	0,00
19:52	14,00
20:52	40,00
21:52	6,00
22:52	8,00
23:52	22,00
0:52	8,00
1:52	0,00

Figura 18. Observaciones al Elemento Pantalón 94 y Pantalla 93 del Informe de Argos del 14 de marzo de 2022.

- Solicitudes de modificación de horario anticipando o retrasando la hora acordada en la programación del pedido.

⁹⁴ Ver GPS1, Anexo GPS-046.

- Se programa el despacho a las 2:40 pm el 21 de junio de 2021 por Sara Mestizo con 116,00 m3 de 5000 psi estabilizado de 4 a 6 para el 23 de junio de 2021 a las 12:20 pm.
- El 23 de junio de 2021 a las 7:10 am se modifica el concreto por parte de Sara Mestizo a 3500 psi estabilizado de 4 a 6
- A las 10:00 am del 23 de junio de 2021, Sara mestizo corre la hora del suministro para las 1:20 pm por inconvenientes en obra.
- A las 10:30 am del 23 de junio de 2021, Sara mestizo corre la hora del suministro para las 2:20 pm por inconvenientes en obra.
- A las 7:20 pm del 23 de junio de 2021, David Sotaquira sube el volumen a 124 m3.
- A las 7:50 pm del 23 de junio de 2021, David Sotaquira sube el volumen a 129 m3.
- A las 9:05 pm del 23 de junio de 2021, David Sotaquira ajusta el volumen a 134.5 m3.
- De los 18 viajes despachados 16 viajes presentaron demoras de más de 45 minutos en su colocación.
- Tiempo máximo sin concreto en obra fue de 22 minutos teniendo en cuenta las demoras del descargue y las horas de modificación ya que se comió 2 horas y los 3 ajustes de volumen
- Horas de suministro:

HORA SUMINISTRO	M3/Hr	
14:02	15:02	40,00
15:02	16:02	8,00
16:02	17:02	8,00
17:02	18:02	16,00
18:02	19:02	32,00
19:02	20:02	12,00
20:02	21:02	13,00
21:02	22:02	5,50

Figura 19. Observaciones al Elemento Pantalón 13 del Informe de Argos del 14 de marzo de 2022.

- Cancelaciones del pedido un par de horas previas al horario programado. Tal es el caso de las observaciones realizadas durante la fundida del elemento Pantalón 132,⁹⁵ en donde unas horas previas a la hora programada, se realizó la cancelación del pedido y posteriormente, nuevamente se solicitó la reactivación de este para la misma fecha y hora. Adicionalmente, se presentó durante la fundida de este elemento, solicitudes de paro de suministro, por inconvenientes técnicos en obra a cargo de EYT.

- Se programa el despacho a las 1:15 pm el 28 de julio de 2021 por Sara Mestizo con 170,00 m3 para el 29 de julio de 2021 a las 5:30 pm.
- A las 1:15 pm del 29 de julio de 2021, Sara Mestizo modifica el volumen y lo baja a 165,00 m3.
- A las 2:00 pm del 29 de julio de 2021, Sara Mestizo cancela el pedido ya que no están listos en la obra por un tema de acero.
- A las 3:10 pm del 29 de julio de 2021, Sara Mestizo reactiva el pedido.
- A las 3:30 pm del 29 de julio de 2021, Sara Mestizo para el despacho por inconvenientes con el acero.
- A las 4:10 pm del 29 de julio de 2021, Sara Mestizo reactiva el pedido y se le informa que la disponibilidad de las horas de suministro se modifica por la hora de confirmación.
- A las 8:00 pm del 29 de julio de 2021, se informa al cliente inconvenientes con retorno por demoras de la obra en el descargue.
- A las 10:15 pm del 29 de julio de 2021, David Sotaquira aumenta el pedido a 173,00 m3.
- De los 23 viajes despachados 21 viajes presentaron demoras de más de 45 minutos en su colocación.
- Tiempo máximo sin concreto en obra fue de 00 minutos.
- Horas de suministro:

HORA SUMINISTRO	M3/Hr	
16:33	17:33	22,50
17:33	18:33	37,50
18:33	19:33	31,00
19:33	20:33	24,00
20:33	21:33	15,00
21:33	22:33	7,00
22:33	23:33	8,00
23:33	0:33	28,00

Figura 20. Observaciones del elemento Pantalón 132 del informe de Argos del 14 de marzo de 2022.

- Se observa el comentario reiterativo en la trazabilidad de los elementos analizados en el informe de Argos, respecto a las demoras en obra para la descarga de concreto con

⁹⁵ Ver GPS1, Anexo GPS-046.

tiempos mayores a 45 min y que generaron afectación en la continuidad en el suministro del concreto.⁹⁶

180. En síntesis, el informe de Argos concluye que las materias primas dosificadas están dentro de las tolerancias establecidas en la NTC 3318 y el concreto suministrado cumplió las especificaciones de aceptación del producto, como lo es Asentamiento (NTC 396), Flujo libre (NTC 5222) y
181. Además, Argos presenta un diagnóstico en donde ratifica lo expuesto por GPS en el Dictamen GPS1 y en el presente Dictamen, en relación con las constantes demoras en las descargas de los concretos en obra, producto de temas técnicos y situaciones propias de los procesos constructivos implementados por EYT, tal como se observa en el extracto de la siguiente figura:

Luego de la trazabilidad generada de los pedidos relacionados con los elementos afectados se puede evidenciar que, en todos los suministros se presentaron demoras en obra en la colocación del concreto superando lo establecido en el manual de inicio donde se subraya que, el mixer en obra no deben superar 45 minutos para garantizar la programación y el abastecimiento, adicionalmente que si bien es cierto los concretos estaban diseñados con la característica de ser estabilizados de 2-4H, 4-6H y 6-8H esto fue contemplado por el volumen total que se requería para cada elemento y no se generarán juntas frías durante el vaciado, más no para que el concreto permaneciera en el mixer por tiempos prolongados como se evidencia en este informe posiblemente afectando la calidad final del producto.

En los cuadros de tiempos relacionados en los elementos reportados se pueden evidenciar los tiempos de suministro y demoras en obra, estos basados en el sistema GPS de cada uno de los camiones, adicional a las llamadas adjuntas donde se comprueban las observaciones descritas.

Figura 21. Conclusión del Informe de Argos del 14 de marzo de 2022 de la Trazabilidad de Concretos en algunos elementos. (Fuente Informe de Argos del 14 de marzo de 2022)

182. También, como se observa en la figura anterior, menciona una posible relación de los defectos de calidad encontrados en los elementos de cimentación ejecutados por EYT, respecto a los tiempos prolongados de demoras en las descargas de concreto.

4.2.3.1. Análisis de Elementos de Cimentación que Presentaron Defectos menores de Calidad

183. De acuerdo con los registros de la información de los elementos de la cimentación del Proyecto, se debe mencionar que durante la construcción de la cimentación profunda, hubo elementos que presentaron defectos menores de calidad que desde el punto de vista estructural no tienen relevancia, por lo cual se excluyen de aquellos defectos presentes en elementos que representaron una alta amenaza y pusieron en riesgo la estabilidad de la estructura.
184. En consideración a lo anterior, GPS realizó un análisis con la información dispuesta de estos elementos tales como, hojas de vida, remisiones de concreto, registro fotográfico, entre otros,

⁹⁶ Ver GPS1, Anexo GPS-046.

con el objetivo de establecer una correlación de las condiciones de suministro de concreto para estos elementos respecto a la calidad encontrada.

185. Vale la pena mencionar que, del análisis de estos elementos, algunos de ellos hacen parte del análisis efectuado por IGR en su dictamen.
186. A continuación, se incluye el registro fotográfico de los elementos con defectos menores de calidad:

Tabla 10. Registro de Elementos con defectos menores de calidad

Tipo de Elemento	Referencia del Elemento	Registro Fotográfico	Observación
Pantalón	56 – T6 Sótano 2 – Q-7		Los resultados de los núcleos extraídos cumplen con la NSR-10.
Pantalón	56 – T6 Sótano 3 – Q-7		No se extraen núcleos del elemento debido a la expansión presentada en este nivel.
Pantalón	58 – T6 Sótano 2 – Q-6		Al elemento se extraen únicamente 2 núcleos, el tercer núcleo no se extrae por expansión de concreto.

Tipo de Elemento	Referencia del Elemento	Registro Fotográfico	Observación
			
Pantalón	58 – T6 Sótano 3 – Q-6		Los resultados de los núcleos extraídos cumplen con la NSR-10.
Pantalón	60 – T6 Sótano 2 – Q-5		Los resultados de los núcleos extraídos cumplen con la NSR-10.
Pantalón	60 – T6 Sótano 3 – Q-5		Los resultados de los núcleos extraídos cumplen con la NSR-10.

Tipo de Elemento	Referencia del Elemento	Registro Fotográfico	Observación
Pantalón	122 – T11 Sótano 2 – U-2.		Los resultados de los núcleos extraídos cumplen con la NSR-10.

4.2.3.1.1. Tiempos de Fundida de los Elementos que no Presentaron Defectos mayores de Calidad

187. Teniendo en cuenta la información de la trazabilidad de los concretos suministrados a los elementos que presentaron defectos mínimos que no tienen relevancia, GPS realizó un análisis similar al procedimiento establecido líneas arriba el Capítulo 4.2.3. *Análisis de GPS*, considerando los registros de las horas de cada mixer (hora salida planta, hora llegada obra, hora inicio descargue y hora de salida de obra), en donde se tomó como base el registro de la hora de llegada del primer mixer a obra, para en este caso, analizar los tiempos de recorrido, tiempos de espera y tiempos de fundida que se presentaron durante cada hora de fundida de concreto del elemento.
188. En base con lo anterior, se presentaron recorridos de la planta de concreto hasta la obra con tiempos mayores de 32 minutos, en 4 de los 7 elementos, es decir en el 57,14% de los elementos analizados con defectos mínimos de calidad que no tienen relevancia. Estos elementos fueron los Pantalones 56 columna Q7, 58 columna Q6, 60 columna Q5 y 65 columna Q3.⁹⁷
189. En cuanto a los tiempos de espera de viajes de concreto, según la información de los 7 elementos (Pantalones), se identificó que en 5 de 7, es decir el 71,42% de los elementos analizados, se presentaron tiempos de espera mayores a 45 minutos.⁹⁸
190. Ahora bien, respecto a los tiempos de fundida para estos 7 elementos, no se presentaron tiempos de vaciado de concreto mayores a 45 min.⁹⁹
191. Por otra parte, vale la pena mencionar que durante el análisis de los tiempos para descarga, según los registros de algunas remisiones de concreto, se encontraron algunas inconsistencias con los horarios reportados, debido a que, por ejemplo, se registró en la remisión la misma hora de salida de planta, con la hora de llegada a obra y con la hora de inicio de descarga, lo cual es un error posiblemente en la digitación del horario. Sin embargo, GPS para estos casos, consideró un valor

⁹⁷ Apéndice GPS-A-043. Consolidado análisis de tiempos fundida de elementos (7) con defectos menores de calidad.

⁹⁸ Apéndice GPS-A-043. Consolidado análisis de tiempos fundida de elementos (7) con defectos menores de calidad.

⁹⁹ Apéndice GPS-A-043. Consolidado análisis de tiempos fundida de elementos (7) con defectos menores de calidad.

promedio del total de los tiempos de recorrido, tiempos de espera y tiempos de fundida del elemento.

4.2.3.1.2. Rata de Suministro de Elementos que no Presentaron Defectos Mayores de Calidad

192. Al igual que en el capítulo anterior, teniendo en cuenta la información de la trazabilidad de los concretos suministrados de los elementos que presentaron menores defectos de calidad y que no significaron un riesgo para la estabilidad de la estructura, GPS realizó un análisis similar al procedimiento establecido en el subcapítulo anterior 4.2.3.
193. En el análisis se consideró como base la hora de llegada del primer mixer a obra, y a partir de esa hora, se referencian todos los viajes de concreto registrados para cada una de las horas siguientes durante el tiempo de fundida del elemento. De esta manera, se obtuvo el volumen de concreto suministrado por hora de fundida, como se indica a continuación:

Tabla 11. Consolidado de Información Tiempos de Fundida de Concreto de 7 Pantalones de la Cimentación que presentaron Defectos Mínimos en la Calidad.

Tipo Elemento	No. Elemento	Horas Fundida Elemento	Hora inicio	Hora Final	Rata de suministro (m3/h)	Vol. Total (m3)	Cumplimiento Rata Suministro
Pantalón	56 - columna Q7	1	11:41:00	12:41:00	24		No Cumple
Pantalón	56 - columna Q7	2	12:41:00	13:41:00	23,5		
Pantalón	56 - columna Q7	3	13:41:00	14:41:00	8		
Pantalón	56 - columna Q7	4	14:41:00	15:41:00	8		
Pantalón	56 - columna Q7	5	15:41:00	16:41:00	14		
Pantalón	56 - columna Q7	6	16:41:00	17:41:00	16		
Pantalón	56 - columna Q7	7	17:41:00	18:41:00	22,5		
Pantalón	56 - columna Q7	8	18:41:00	19:41:00	0		
Pantalón	56 - columna Q7	9	19:41:00	20:41:00	24		
Pantalón	56 - columna Q7	10	20:41:00	21:41:00	28		
Pantalón	56 - columna Q7	11	21:41:00	22:41:00	0		
Pantalón	56 - columna Q7	12	22:41:00	23:41:00	8	176	
Pantalón	58 - columna Q6	1	12:53:00	13:53:00	24		No Cumple
Pantalón	58 - columna Q6	2	13:53:00	14:53:00	15		
Pantalón	58 - columna Q6	3	14:53:00	15:53:00	25		
Pantalón	58 - columna Q6	4	15:53:00	16:53:00	15		
Pantalón	58 - columna Q6	5	16:53:00	17:53:00	16		
Pantalón	58 - columna Q6	6	17:53:00	18:53:00	39		
Pantalón	58 - columna Q6	7	18:53:00	19:53:00	12		
Pantalón	58 - columna Q6	8	19:53:00	20:53:00	22		
Pantalón	58 - columna Q6	9	20:53:00	21:53:00	0		
Pantalón	58 - columna Q6	10	21:53:00	22:53:00	12	180	

Tipo Elemento	No. Elemento	Horas Fundida Elemento	Hora inicio	Hora Final	Rata de suministro (m3/h)	Vol. Total (m3)	Cumplimiento Rata Suministro
Pantalón	60 - columna Q5	1	14:55:00	15:55:00	24	160	No Cumple
Pantalón	60 - columna Q5	2	15:55:00	16:55:00	7		
Pantalón	60 - columna Q5	3	16:55:00	17:55:00	46		
Pantalón	60 - columna Q5	4	17:55:00	18:55:00	7		
Pantalón	60 - columna Q5	5	18:55:00	19:55:00	22		
Pantalón	60 - columna Q5	6	19:55:00	20:55:00	7		
Pantalón	60 - columna Q5	7	20:55:00	21:55:00	16		
Pantalón	60 - columna Q5	8	21:55:00	22:55:00	21		
Pantalón	60 - columna Q5	9	22:55:00	23:55:00	10		
Pantalón	63 - columna Q4	1	12:33:00	13:33:00	8	114	No Cumple
Pantalón	63 - columna Q4	2	13:33:00	14:33:00	38,5		
Pantalón	63 - columna Q4	3	14:33:00	15:33:00	8		
Pantalón	63 - columna Q4	4	15:33:00	16:33:00	15		
Pantalón	63 - columna Q4	5	16:33:00	17:33:00	16,5		
Pantalón	63 - columna Q4	6	17:33:00	18:33:00	16		
Pantalón	63 - columna Q4	7	18:33:00	19:33:00	8		
Pantalón	63 - columna Q4	8	19:33:00	20:33:00	4		
Pantalón	65 - columna Q3	1	12:15:00	13:15:00	39	122	Cumple
Pantalón	65 - columna Q3	2	13:15:00	14:15:00	15,5		
Pantalón	65 - columna Q3	3	14:15:00	15:15:00	7,5		
Pantalón	65 - columna Q3	4	15:15:00	16:15:00	7,5		
Pantalón	65 - columna Q3	5	16:15:00	17:15:00	11		
Pantalón	65 - columna Q3	6	17:15:00	18:15:00	13,5		
Pantalón	65 - columna Q3	7	18:15:00	19:15:00	24		
Pantalón	65 - columna Q3	8	19:15:00	20:15:00	0		
Pantalón	65 - columna Q3	9	20:15:00	21:15:00	0		
Pantalón	65 - columna Q3	10	21:15:00	22:15:00	4		
Pantalón	69 - columna Q1	1	13:08:00	14:08:00	14	127	No Cumple
Pantalón	69 - columna Q1	2	14:08:00	15:08:00	25		
Pantalón	69 - columna Q1	3	15:08:00	16:08:00	7		
Pantalón	69 - columna Q1	4	16:08:00	17:08:00	23		
Pantalón	69 - columna Q1	5	17:08:00	18:08:00	8		
Pantalón	69 - columna Q1	6	18:08:00	19:08:00	21,75		
Pantalón	69 - columna Q1	7	19:08:00	20:08:00	7,25		
Pantalón	69 - columna Q1	8	20:08:00	21:08:00	14		
Pantalón	69 - columna Q1	9	21:08:00	22:08:00	7		
Pantalón	122 - columna U2	1	14:44:00	15:44:00	8	127	No Cumple
Pantalón	122 - columna U2	2	15:44:00	16:44:00	32		
Pantalón	122 - columna U2	3	16:44:00	17:44:00	14		
Pantalón	122 - columna U2	4	17:44:00	18:44:00	0		
Pantalón	122 - columna U2	5	18:44:00	19:44:00	30		

Tipo Elemento	No. Elemento	Horas Fundida Elemento	Hora inicio	Hora Final	Rata de suministro (m3/h)	Vol. Total (m3)	Cumplimiento Rata Suministro
Pantalón	122 - columna U2	6	19:44:00	20:44:00	29	201	
Pantalón	122 - columna U2	7	20:44:00	21:44:00	33		
Pantalón	122 - columna U2	8	21:44:00	22:44:00	6,5		
Pantalón	122 - columna U2	9	22:44:00	23:44:00	7,5		
Pantalón	122 - columna U2	10	23:44:00	0:44:00	18		
Pantalón	122 - columna U2	11	0:44:00	1:44:00	15		
Pantalón	122 - columna U2	12	1:44:00	2:44:00	8		

194. De acuerdo con lo anterior, se observa que las condiciones de suministro para los elementos que no presentaron defectos relevantes en la calidad es semejante al suministro de concreto para elementos que presentaron graves defectos en la calidad.
195. De igual manera, se observa que en este análisis, en (6) elementos de (7) no se cumplió con la rata de suministro durante el primer viaje y también que, algunas horas no se presentó suministro de concreto. Lo anterior, tienen relación directa con las demoras de más de 45 min para la descarga de concreto a cargo de EYT.

4.3. CONCLUSIONES

196. De acuerdo con los tiempos variables de transporte de concreto desde las plantas hasta la obra, para garantizar la manejabilidad y la rata de suministro de concreto (35 m³/h), era imprescindible que EYT garantizara las condiciones en obra para que el descargue de concreto se realizara en el menor tiempo posible y de esta manera, contribuir al cumplimiento del suministro de concreto.
197. La falta de planeación y coordinación para la programación de los concretos a cargo de EYT y evidenciada en el informe de Argos del 14 de marzo de 2022,¹⁰⁰ refleja la falta de coordinación debido a los excesivos ajustes a la programación, cambios de horario en los pedidos programados, cancelaciones de pedidos y solicitudes de interrupción del suministro en medio de la fundida, lo cual le generó a Argos dificultades por el no cumplimiento de la programación planeada, que en todo caso, su gestión le permitió garantizar el suministro de concreto aunque en algunas oportunidades, no en las ratas acordadas. La apropiada gestión en la programación de EYT, era un factor influyente en el cumplimiento de la rata de suministro de concreto por parte de Argos.
198. Los problemas de calidad que presentaron algunos elementos de la cimentación profunda causados por derrumbes (posiblemente de los materiales orgánicos o que no se cumplió con la profundidad mínima del tubo Tremie dentro del concreto) están asociados a los prolongados tiempos de hormigonado los cuales a su vez, están asociados a las demoras en las descargas de las mixers.
199. Si EYT como experto consideró que la información de los suelos que tenía que excavar no era suficiente para garantizar la buena calidad de los diferentes elementos de la cimentación profunda, lo debió manifestar al momento de presentar su oferta o en el trascurso de la ejecución, y no después de construidos los elementos como excusa a los defectos de calidad que se presentaron.
200. Según el análisis de los elementos que presentaron defectos menores de calidad realizado en el presente dictamen se encontró que estos no presentan en sus hojas de vida observaciones de taponamientos del tubo Tremie, además según el formato de control de hormigonado, cumplieron con la profundidad mínima de sumergencia en el concreto.¹⁰¹ Por lo anterior, se puede determinar una relación directa de los eventos de taponamiento y cumplimiento de la profundidad del tubo Tremie con los graves defectos de calidad en algunos elementos, tal como es la contaminación del concreto (inclusión), el cual es un tema específico del proceso constructivo ejecutado por EYT. Según el análisis de los 162 elementos mencionado en GPS1, en cuanto a taponamientos de tubería e incumplimiento en la profundidad de sumergencia del tubo Tremie se presentaron estos eventos en el 3,70% y 27,78% respectivamente.

¹⁰⁰ Ver GPS1, Anexo GPS-046.

¹⁰¹ Apéndice GPS-A-044. Análisis de Elementos (7) de cimentación con defectos menores de calidad.

201. De acuerdo con el análisis de los tiempos de fundida, los prolongados tiempos de espera para descarga y mayores tiempos de vaciado del concreto, son atribuibles al proceso constructivo implementado por EYT que generaron defectos constructivos.
202. En definitiva, de acuerdo con los elementos analizados de los cuales algunos fueron incluidos en el dictamen de IGR, la rata de suministro de concreto fue semejante, tanto para los elementos de la cimentación que presentaron defectos menores mencionados en el presente Dictamen, como los elementos que presentaron defectos mayores de calidad analizados en GPS1. Por lo anterior, se puede concluir que la rata de suministro no es la condición exclusiva como lo hace ver IGR, para determinar que fue la causante de los defectos en la calidad en algunos elementos.
203. Por otra parte, aunque la rata de suministro de concreto es una de las causas de los defectos de calidad, esta depende y es influenciada por los tiempos de espera y descarga de las mixers en obra a cargo de EYT.

LISTADO DE ANEXOS

CÓDIGO ANEXO	DESCRIPCIÓN
GPS-090	NSR-10 – Título H - Capítulo H.3 – Caracterización Geotécnica del Subsuelo
GPS-091	Hoja de vida Barrete 80 – compilación
GPS-092	Reporte Tiempos de suministro vs Tiempos de Vaciado
GPS-093	Tiempo de Fundida Pantalón 69

LISTADO DE APENDICES

CÓDIGO APÉNDICE	DESCRIPCIÓN
GPS-A-042	Análisis elementos (27) con mayor volumen de concreto en la cimentación del Proyecto
GPS-A-043	Consolidado análisis de tiempos fundida de elementos (7) con defectos menores de calidad
GPS-A-044	Análisis de Elementos (7) de cimentación con defectos menores de calidad

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Términos Utilizados en el Documento.	5
Tabla 2. Campañas de Perforación Proyecto Connecta 80.....	24
Tabla 3. Extracto del Dictamen de IGR con Conclusiones de Informe de Pruebas Integralidad de EYT.....	34
Tabla 4. Referencia de elementos Barretes y Pantalones con Mayor Volumen de Concreto de la Cimentación.	46
Tabla 5. Consolidado de Información Tiempos de Fundida de Concreto de 20 Barretes y 7 Pantalones de la Cimentación.	48
Tabla 6. Resultados del análisis de cumplimiento de Rata de suministro en el Arranque de Fundida.	54
Tabla 7. Tiempos de Recorrido del concreto para el Elemento Barrete 80-C1.	59
Tabla 8. Tiempos de Espera Durante la Fundida del Elemento Barrete 84-C1.....	60
Tabla 9. Tiempos de Fundida de Concreto para el Elemento Barrete 88-C1.....	62
Tabla 10. Registro de Elementos con defectos menores de calidad	67
Tabla 11. Consolidado de Información Tiempos de Fundida de Concreto de 7 Pantalones de la Cimentación que presentaron Defectos Mínimos en la Calidad.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Extracto del Dictamen de IGR – Definición unidades de construcción (Fuente Dictamen IGR) ..	16
Figura 2. Extracto del Dictamen de IGR Respecto a la Clasificación de Unidades de Construcción y Número de Sondeos por cada Unidad de Construcción. (Fuente Dictamen IGR)	16
Figura 3. Extracto del Dictamen de IGR - Número de Sondeos y efecto por repetición. (Fuente Dictamen IGR).....	16
Figura 4. Extracto del Dictamen de IGR - Características y distribución de los Sondeos (Fuente Dictamen IGR).....	17
Figura 5. Extracto del Dictamen de IGR en cuanto a la Distribución de Sondeos en la Construcción Actual. (Makro-Torre oriental) (Fuente Dictamen IGR).	18
Figura 6. Localización perforaciones campañas 1, 2 y 3. (Fuente EYR).	21
Figura 7. Extracto del Dictamen de IGR - Profundidad de los Sondeos. (Fuente Dictamen IGR).	22
Figura 8. Registro de perforaciones 1 al 10 de la campaña del 2013. (Fuente Dictamen IGR).	26
Figura 9. Extracto del Dictamen de IGR sobre los Perfiles Geotécnicos de los Sondeos 4 y 5 de la Campaña de 2013. (Fuente: EYR 12541-6 (2020)	27
Figura 10. Extracto del Dictamen de IGR sobre los Perfiles Geotécnicos de los Sondeos 2, 6, 11, y 13 de la Campaña de 2013. (Fuente: EYR 12541-6 (2020)	28
Figura 11. Extracto del Dictamen IGR con los Sondeos S-01 y S-02 de la Campaña de Exploración de 2018. (Fuente: EYR-S 12541-6 (2020)	29
Figura 12. Perfil estratigráfico por el eje T.	32
Figura 13. Extracto del Dictamen de IGR sobre los elementos analizados.....	39
Figura 14. Extracto del Dictamen IGR con los 12 Elementos Analizados.....	43
Figura 15. Tiempo de Viajes de Concreto Suministrado en Fundida del Elemento - Barretes 73-C1 y 82-C1.	57
Figura 16. Recorridos de las Plantas de Argos hasta el Proyecto Connecta 80. (Fuente Google Maps). ...	58
Figura 17. Listado de Elementos para Trazabilidad de Concretos por parte ARGOS.....	63
Figura 18. Observaciones al Elemento Pantalón 94 y Pantalla 93 del Informe de Argos del 14 de marzo de 2022.	64
Figura 19. Observaciones al Elemento Pantalón 13 del Informe de Argos del 14 de marzo de 2022.....	65
Figura 20. Observaciones del elemento Pantalón 132 del informe de Argos del 14 de marzo de 2022....	65
Figura 21. Conclusión del Informe de Argos del 14 de marzo de 2022 de la Trazabilidad de Concretos en algunos elementos. (Fuente Informe de Argos del 14 de marzo de 2022)	66