

ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA “UEU” 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5



INFORME

MANIZALES- CALDAS

NOVIEMBRE DE 2019

ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA “UEU” 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA “UEU” 5

TABLA DE CONTENIDO

1	<u>INTRODUCCIÓN.</u>	8
2	<u>OBJETIVOS</u>	10
2.1	OBJETIVO GENERAL	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3	<u>LOCALIZACIÓN</u>	12
4	<u>ÁREA A INTERVENIR Y ÁREA DE INFLUENCIA</u>	14
4.1	ÁREA A INTERVENIR	14
4.2	ÁREA DE INFLUENCIA	14
5	<u>REVISIÓN INFORMACIÓN EXISTENTE</u>	16
5.1	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROYECTO	16
5.2	INSUMOS	17
6	<u>SITUACIÓN ACTUAL</u>	21
6.1	DESCRIPCIÓN DETALLADA POR EJES	26
6.2	MURO DE CONTENCIÓN	39
6.3	PANTALLAS	40
6.4	ENSAYOS DE LABORATORIO	43
6.4.1	NÚCLEOS DE CONCRETO	43
6.4.2	CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO	53
6.4.3	CARBONATACIÓN Y ESCLEROMETRÍA	56
6.4.4	PRUEBA DE INTEGRIDAD DE PILOTES	64

7	ASPECTOS GEOTÉCNICOS	68
7.1	COMENTARIOS GENERALES.	68
7.2	PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA.	70
7.3	DESCRIPCIÓN DE PERFORACIONES.	71
7.4	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES	72
7.4.1	CLASIFICACIÓN DE SUELOS:	72
8	CONCLUSIONES	75

Lista de Figuras

Figura 1.	Ubicación de la zona de estudio a nivel municipal y local	12
Figura 2.	Zona de estudio	13
Figura 3.	Área a intervenir	15
Figura 4.	Comunicados interventoria 1	18
Figura 5.	Comunicados interventoria 2	19
Figura 6.	Comunicados interventoria 2	20
Figura 7.	Situación actual del proyecto	21
Figura 8.	Cimentación de las torres 31 y 32 en el sitio de análisis	22
Figura 9.	Muro de contención entre el nivel -10.00 m y -5.00 m	22
Figura 10.	Localización de ejes en el sitio de estudio	26
Figura 11.	Eje 1 Nivel -10.00 m	27
Figura 12.	Eje 2 Nivel -10.00 m	28
Figura 13.	Ejes 4 y 5 nivel -10.00 m	29
Figura 14.	Eje 6 nivel -10.00 m	30
Figura 15.	Eje A nivel -10.00 m	31
Figura 16.	Eje 7, 9 y 10 nivel -10.00 m	32
Figura 17.	Ejes 11 y 12 nivel -10.00 m	33
Figura 18.	Ejes 12, 13 y 15 Nivel -10.00 m	34
Figura 19.	Ejes 12,13,15,16,17,18,19,20 y 21 nivel -10.00 m	35
Figura 20.	Ejes 1 al 13 nivel -5.00 m	36
Figura 21.	Aceros expuestos en el nivel -5.00 m	36
Figura 22.	Ejes 14 al 22 nivel -5.00 m	37
Figura 23.	Aceros expuestos de las vigas en el nivel -5.00	38
Figura 24.	Muro de contención entre nivel -10.00 m y -5.00 m	39
Figura 25.	Pantalla A	40
Figura 26.	Pantalla B	41

Figura 27.	Pantalla C.....	42
Figura 28.	Extracción de núcleo nivel -5.00, eje 19 entre ejes H – I.....	45
Figura 29.	Localización núcleo extraído en nivel -5.00m.....	45
Figura 30.	Localización núcleo extraído en nivel -10.00m eje 5.....	46
Figura 31.	Extracción de núcleo -10.00, eje 5 entre ejes B-C	46
Figura 32.	Extracción de núcleo nivel -10.00, entre ejes 11 y 12 y ejes A-B.	47
Figura 33.	Localización núcleo extraído en nivel -10.00m entre ejes 11 y 12....	47
Figura 34.	Extracción de núcleos en el muro de contención.....	49
Figura 35.	Resultados resistencia concreto realizados por la interventoría.....	51
Figura 36.	Realizados por el Laboratorio CONSUAS	52
Figura 37.	Extracción de flejes en nivel -10.00 m y -5.00 m.....	54
Figura 38.	Flejes extraídos para prueba.....	55
Figura 39.	Fenómeno de la corrosión en muestras (fotografía tomada con microscopio).....	55
Figura 40.	Fenómeno de la corrosión en muestras (fotografía tomada con microscopio).....	56
Figura 41.	Esclerometría en ejes y muro de contención.....	59
Figura 42.	Equipos para PIT	65
Figura 43.	PIT en los Caissons del nivel -5.00 m	66
Figura 44.	Prueba pip caisson nivel -5.00 entre J1 – J2.....	67

Lista de Tablas

Tabla 1. Factor de correccion según profundidad de carbonatacion	60
Tabla 2. Ensayo esclerometria y carbonatacion viga	61
Tabla 3. Ensayo esclerometria y carbonatacion pantalla	62
Tabla 4. Ensayo esclerometria y carbonatacion caisson	63
Tabla 5. Cuadro resumen propiedades mecánicas de las muestras analizadas.	73

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Índice Revisión	Capítulo Modificado	Fecha de Modificación	Observaciones
0			Versión Original

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Tipo de Documento: <p style="text-align: center;">INFORME</p>	Título: <p style="text-align: center;">ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA "UEU" 5</p>					
Contrato N°:						
A P R O B A C I Ó N	Número de Revisión		0	1	2	3
	Director de consultoría especialista en geotecnia	Nombre	Jorge Alonso Aristizabal Arias			
		Firma				
		Fecha				
	Especialista en estructuras y patología	Nombre	Erica Johana Rincón			
		Firma				
		Fecha				
	Especialista en geotecnia	Nombre	Diana Carolina Arias Valencia			
		Firma				
		Fecha				
	Ingeniera auxiliar	Nombre	Maria Camila Gómez Zapata			
		Firma				
	Fecha					

ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA “UEU” 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA “UEU” 5

1 INTRODUCCIÓN.

El área de estudio se encuentra localizada en la zona noroccidental del Macro proyecto San José, en el Barrio La Avanzada en la ciudad de Manizales, dicho proyecto fue suspendido dejando expuesto los materiales de cimentación y obras geotécnicas por lo que visualmente se evidencia daños en estos, por lo cual en el siguiente informe se consiga la evaluación de la patología estructural donde se realice el estudio del comportamiento estructural de lo construido en las Unidades de Ejecución Urbanísticas UEU 4 y 5 donde se debe examinar y verificar si existen fallas en la construcción, se debe detectar cuáles son sus causas, y proponer acciones correctivas para recobrar el nivel de servicio original o mejorar, su comportamiento, o en el peor de sus casos la demolición si es necesario.

Para tener en cuenta en el procedimiento del estudio de patología, las estructuras presentan fallas o defectos que se ponen en manifiesto con la aparición de señales o cambios de aspecto que se engloban dentro de la sintomatología estructural (en este caso el acero corroído y el paso del tiempo de la estructura a merced del medio ambiente). Ante los 'síntomas encontrados y previa investigación de .las causas objeto del presente proceso, el patólogo estructural debe establecer un diagnóstico de la enfermedad estructural.

Las causas que pueden haber provocado las lesiones estructurales puesto que estas, son muchas y pueden estar asociadas a la calidad de los materiales, la ejecución del proyecto y hasta el uso de la construcción.

Por lo cual es necesario realizar diferentes ensayos de campo y de laboratorio, visitas de especialistas con ingenieros estructurales, geotecnistas y demás personal interdisciplinario que aporten en las conclusiones del proyecto para tomar las medidas de reparación o demolición.

Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas	ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5	Página 9
--	---	----------

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluación patológica de las estructuras de concreto reforzado construidas hasta el momento en la UEU 4 y de la pantalla activa de la UEU 5.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calculo de la resistencia del concreto mediante la toma de núcleos en sitios estratégicos de las estructuras construidas, para posteriormente ensayar en el laboratorio fallas a compresión de los núcleos.
- Realizar ensayos de esclerómetro con el fin de obtener un índice adimensional y con este correlacionar con las características del concreto.
- Desarrollar los ensayos de carbonatación con el fin de obtener la pérdida de Ph para evaluar si se presenta la corrosión y considerar si se presenta un agrietamiento o fisuramiento del concreto.
- Evaluación de los estudios y diseños técnicos con lo que se obtuvieron la licencia de construcción de la UEU 4 y los diseños de las obras de estabilidad de la UEU 5, así como la bitácora de obras e informes de interventoría para conocer a profundidad la problemática presentada en la construcción de la UEU 4 y 5.

Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas	ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5	Página 10
--	---	-----------

- A partir de la información analizada del proyecto y los resultados de los diferentes ensayos se procederá a realizar la evaluación patológica, obteniendo como resultado las recomendaciones técnicas necesarias para habilitar o demoler las estructuras examinadas

<p>Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas</p>	<p>ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5</p>	<p>Página 11</p>
---	---	------------------

3 LOCALIZACIÓN

La zona de estudio se encuentra ubicada en el perímetro urbano del municipio de Manizales, en la zona noroccidental del Macroproyecto San José, barrio La Avanzada; para llegar al sitio se requiere desplazar desde el centro de la ciudad, por la avenida Kevin Ángel, hasta llegar al sector donde se ubica el Macroproyecto San José y se localiza el área de interés por la calle 27.

El área de interés se encuentra delimitado por las siguientes coordenadas:

X = 840550m.E Y = 1053250 m.N

X = 840650m.E Y = 1053400 m.N

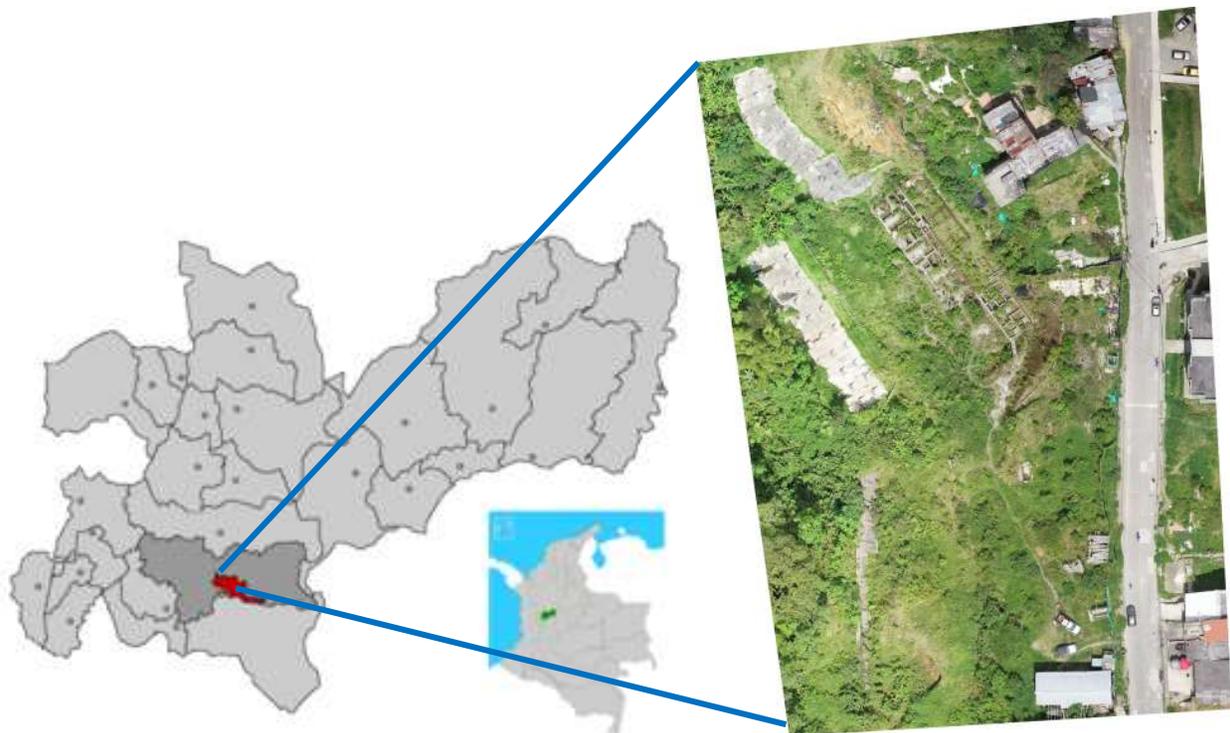


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio a nivel municipal y local

<p>Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas</p>	<p>ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5</p>	<p>Página 12</p>
---	---	------------------

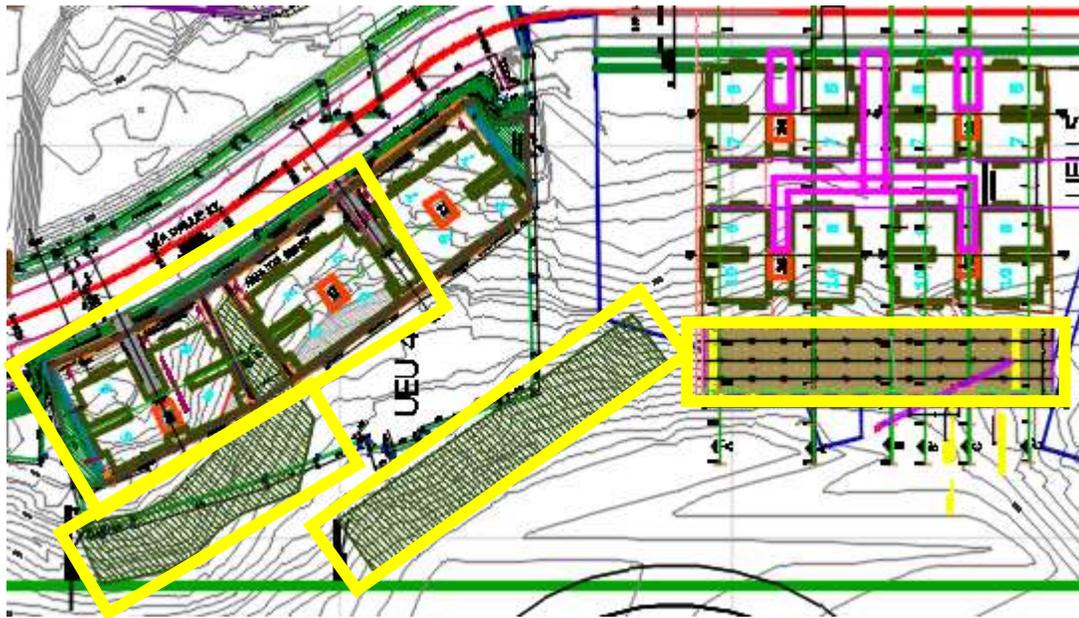


Figura 2. Zona de estudio

4 ÁREA A INTERVENIR Y ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia se define como una franja que permite caracterizar la zona dentro los componentes físicos, bióticos y socio económicos, con el fin de no generar impactos directos al materializar físicamente el proyecto.

4.1 ÁREA A INTERVENIR

Es la afectación directamente en el momento de la materialización de las obras civiles, al igual que toda la instalación de equipos, fuentes de materiales, centros de acopio y mantenimiento y campamentos.

Son las zonas identificadas con las coordenadas descritas anteriormente, (capítulo 2 Localización), correspondientes al sitio de desarrollo urbanístico, delimitado por los polígonos amarillos en la imagen a continuación

4.2 ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia indirecta se concibe como la zona externa del área de influencia directa, por lo que el impacto se encuentra localizado físicamente en el proyecto de construcción objeto de este estudio.



Figura 3. Área a intervenir

5 REVISIÓN INFORMACIÓN EXISTENTE

5.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROYECTO

El contrato No. 20768-002-2015, tuvo como objeto la construcción de mínimo 268 unidades de vivienda con área no menor a 45.15 m² cada una. Las características principales de las unidades de vivienda de la UEU 4 correspondiente con los documentos que hacen parte de la Resolución No. 0042-1-2016, por la cual se expidió la licencia de construcción de la UEU 4.

- Método constructivo: Sistema Industrializado en Concreto Vaciado
- Total Bloques Apartamentos: 3
- Total Apartamentos: 84 unidades
- Área Apartamentos: 45.47 m²
- Cimentación: Caissons con vigas de amarre
- Resistencia concreto: 210 kg/cm² (3000 PSI)

El método constructivo y detalles de las unidades de vivienda para la UEU 5, serán definidos una vez se tenga la resolución de licencia de construcción.

La obra de estabilidad de la UEU 5, de acuerdo con los ajustes a los diseños realizados se trata de una pantalla en concreto reforzado con anclajes activos. Las características principales de ésta pantalla son las siguientes:

- Resistencia concreto pantalla: 280 kg/cm² (4000 PSI)
- Resistencia concreto caissons: 210 kg/cm² (3000 PSI)
- Resistencia concreto viga: 280 kg/cm² (4000 PSI)

- Espesor pantalla: 0.25 m
- Especificación anclajes: 8 torones ϕ 1/2 "
- Longitud anclajes: 25 m
- Cimentación: Caisson $d = 1.0$ m, $h = 6.0$ m
Viga cabezal 1.20 m x 0.45 m

El contratista presentó una alternativa para los anclajes debido a la dificultad de consecución del cable de ϕ 1/2" planteado en los diseños iniciales. La alternativa es de 4 torones de ϕ 5/8".

5.2 INSUMOS

- **PLANO GENERAL – TOPOGRAFÍA**

Estos planos contienen la información topográfica del proyecto y la localización en planta y perfil de las unidades de vivienda y las obras de contención.

- **PLANOS GEOTÉCNICOS**

Estos planos contienen la información detallada de las obras de contención a realizar y obras de manejo de aguas propias del proyecto.

- **PLANOS ARQUITECTÓNICOS**

Estos planos contienen la información arquitectónica del proyecto, áreas a construir, sus dimensiones, niveles y áreas comunes.

Los bloques de UEU 4, constan de 3 torres: 31, 32 y 33.

Las torres 31 y 32 tienen 7 y 9 pisos en los niveles -5 -0.00 m y -10.00 m respectivamente. Poseen cota de cimentación de 2051.74m.

La torre 33 tiene cota de cimentación 2055.91 m y posee 6 pisos.

- **PLANOS ESTRUCTURALES**

Estos planos contienen la información detallada de los elementos estructurales, tanto de cimentación como los detalles constructivos para confinamiento de los bloques.

- **PLANOS URBANÍSTICOS**

Estos planos contienen la información de las obras de urbanismo que están relacionadas con el proyecto general.

- **INFORMES DE INTERVENTORÍA Y BITÁCORA.**

El consorcio APP La Avanzada, representado por la ingeniera residente de interventoría, María Clara Potes Mazuera, envió diferentes informes y cartas en lo que expresan las deficiencias técnicas del proyecto en la etapa de estudios y diseños y en etapa constructiva como se muestra a continuación:

INT-UEU4Y5-071-2016 de 11 de julio de 2016 – Se solicita al contratista las medidas y/o acciones que se van a tomar para dar solución a la mala calidad del concreto de la viga cabecial de la pantalla de la UEU 5.

INT-UEU4Y5-101-2016 del 29 de agosto de 2016: Tanque de curado para vigas. Se solicita al contratista disponer en la obra un tanque de curado para proporcionar un suministro continuo de agua a las vigas de cimentación de los bloques 31 y 32, sin embargo en ningún momento se acató esta solicitud.

Figura 4. Comunicados interventoria 1

Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas	ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5	Página 18
--	--	-----------

INT-UEU4Y5-107-2016 del 08 de septiembre de 2016: Resultados de ensayos de resistencia a la compresión de cilindros de concreto. Una vez comienzan a llegar los resultados de los cilindros tomados de las vigas de cimentación de los bloques 31 y 32 se aprecia que estos elementos no van a cumplir con la resistencia de diseño (3000 PSI) por lo cual se les solicito informar las medidas a tomar para mejorar dicha resistencia pero a la interventoría no llego respuesta.

INT-UEU4Y5-119-2016 del 24 de septiembre del 2016: Resistencia vigas de cimentación Bloque 32. Luego de obtenidos los resultados no satisfactorios de los cilindros tomados en obra de las vigas de cimentación del bloque 32, se realizó una extracción de núcleos para comprobar las resistencia de los elementos mencionados y estos resultados también fueron insatisfactorios por lo que se le solicitó al Consorcio Constructor UEU 4 y 5 informar las acciones a tomar para solventar la baja calidad de los concretos, sin obtener respuesta.

INT-UEU4Y5-120-2016 del 07 de octubre de 2016: Resistencia vigas de cimentación Bloque 32. Se le solicita nuevamente al Consorcio Constructor UEU 4 y 5 emita un comunicado informando las acciones a tomar para corregir la baja calidad de las vigas de cimentación del bloque 32, sin embargo a la fecha no se tiene respuesta.

Figura 5. Comunicados interventoría 2

INT-UEU4Y5-130-2016 del 24 de octubre de 2016: Compromisos pactados. Se emite el oficio ya que el Director de obra el Ingeniero Jorge Montañez Flores se comprometió en el Comité de Obra a presentar el día 21/10/2016 el concepto técnico del Ingeniero Estructural – Carlos Elías Gutiérrez para atender la no conformidad en la calidad de los concretos de las vigas de cimentación de los bloques 31 y 32 de la UEU4. Dan respuesta el 26/10/2016 con oficio OB-UEU4Y5-073-2016 con un documento adjunto manifestando que se debe investigar los concretos que estén por debajo de 2500 PSI y que como en la documentación adjunta no había resultados por debajo de este valor se podía continuar la obra sin ningún inconveniente; se da respuesta a este comunicado con el oficio INT-UEU4Y5-132-2016 - el 31/10/2016 comunicándoles que la información consignada en el resumen de los resultados de resistencia de los concretos adjuntada es incompleta y se le solicita al Consorcio Constructor UEU 4Y5 demostrar que los concretos in-situ han tenido idéntico comportamiento que los cilindros, realizando un ensayo de núcleos el cual tardaron en atender hasta el 15/11/2016, una vez obtenido el resultado de los ensayos de núcleos se emitió el oficio INT-UEU4Y5-139-2016 el cual le solicita al Consorcio Constructor UEU 4 y 5 informe las acciones a tomar para corregir la no conformidad en la calidad de los concretos de las vigas de cimentación de los bloques 31 y 32 luego de obtenidos los resultados a los ensayos de núcleos extraídos.

INT-UEU4Y5-139-2016 del 21 de noviembre de 2016: Se solicita al contratista emitir un comunicado informando las acciones a tomar para corregir la baja calidad de los concretos en las vigas de cimentación de los bloques 31 y 32 de la UEU 4.

Figura 6. Comunicados interventoría 2

6 SITUACIÓN ACTUAL

Se realiza visita al sitio de análisis para evaluar la situación actual del proyecto y se observó 3 pantallas activas y la cimentación de una edificación con vegetación espesa, aceros a la vista y concretos deteriorados.



Figura 7. Situación actual del proyecto



Figura 8. Cimentación de las torres 31 y 32 en el sitio de análisis



Figura 9. Muro de contención entre el nivel -10.00 m y -5.00 m

No se evidencia la construcción de la torre 33, solo se aprecia la construcción de la cimentación y vigas de fundación de las torres 31 y 32.

Para las torres 31 y 32 se aprecia que:

Nivel -10.00 m (ver recuadro amarillo de la figura 8)

- **Cimentación profunda tipo Caisson fundida.**

Se asume que en éste nivel se realizó la construcción de los Caissons (T1, T2, T3, T4 Y T5), los cuales no se encuentran expuestos ya que las vigas de cimentación están fundidas al igual que la placa de cimentación en el nivel -10.00 m.

- **Vigas de cimentación**

Se encuentran fundidas en el nivel -10.00 m. Se extrajeron 2 núcleos de concreto para determinar el estado y resistencia de ésta. Se evidencia acero de refuerzo expuesto en ellas, que indica posible intención de recalce. El acero de dicho recalce presenta oxidación (ver figura 8), que lo hace susceptible a fallar por corrosión, provocando pérdida de adherencia del concreto, además de inducir la formación de agrietamientos y desprendimientos de trozos de concreto, lo que compromete la integridad estructural.

- **Columnas y pantallas**

El acero de las columnas y pantalla en el nivel -10.00 m, se encuentran expuestos, corroídos y se evidencia desprendimiento de algunos de éstos elementos desde la base, por lo cual, unir estos elementos estructurales (vigas de fundación o columnas) a nuevos elementos de acero representaría tener que hacer fisuras para amarrar el acero.

En el nivel -7.50 m no se evidencia el acero de refuerzo, por ende, las vigas aéreas no están fundidas.

Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas	ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5	Página 23
--	---	-----------

- **Muro de contención (ver figura 9)**

Pantalla de 5.00 metros de alto y 0.40 metros de ancho, va desde el nivel -10.00 m hasta el nivel -5.00 m. Se extrajeron 3 núcleos de concreto para determinar el estado y resistencia de éste.

Nivel -5.00 m (ver recuadro azul de la figura 8)

- **Cimentación profunda tipo Caisson fundida.**

Se evidencia que en éste nivel se realizó la construcción de los Caissons (T2 Y T4), los cuales no se encuentran expuestos entre los ejes 16 a 22 ya que las vigas de cimentación están fundidas en el nivel -5.00 m, en los demás ejes, el acero está a la intemperie, que lo hace susceptible a fallar por corrosión, provocando pérdida de adherencia del concreto, además de inducir la formación de agrietamientos y desprendimientos de trozos de concreto, lo que compromete la integridad estructural. Se hace la extracción de un núcleo de concreto, para para determinar el estado y resistencia del caisson.

- **Vigas de cimentación**

Se encuentran fundidas entre los ejes 16 a 22 en el nivel -5.00 m. Se extrajo 1 núcleo de concreto entre dichos ejes para determinar el estado y resistencia de ésta. El acero presente entre los demás ejes presenta oxidación (ver figura 8), que lo hace susceptible a fallar por corrosión, provocando pérdida de adherencia del concreto, además de inducir la formación de agrietamientos y desprendimientos de trozos de concreto, lo que compromete la integridad estructural.

- **Columnas y pantallas**

El acero de las columnas y pantalla en el nivel -5.00 m, se encuentran expuestos, corroídos y se evidencia desprendimiento de algunos de éstos elementos desde la base, por lo cual, unir estos elementos estructurales (vigas de fundación o columnas) a nuevos elementos de acero representaría tener que hacer fisuras para amarrar el acero.

En el nivel -7.50 m no se evidencia el acero de refuerzo, por ende, las vigas aéreas no están fundidas.

6.1 DESCRIPCIÓN DETALLADA POR EJES

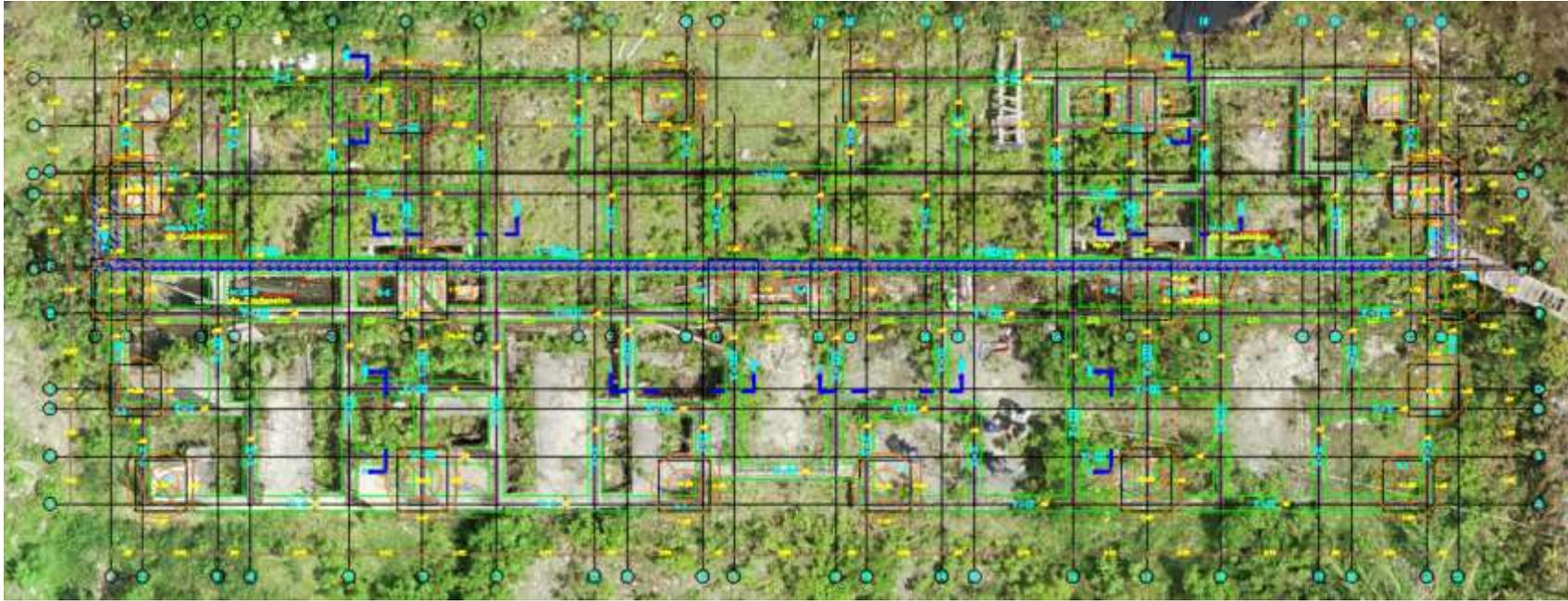


Figura 10. Localización de ejes en el sitio de estudio

En la visita en campo al sitio de estudio, se tomó un registro fotográfico de la situación actual de las obras, para un posterior análisis.



Figura 11. Eje 1 Nivel -10.00 m

Fuente: Propia

Como se puede observar en la figura 11, la viga de cimentación se encuentra fundida, la losa de cimentación está en la mitad de la sección entre los ejes C - E y 1-3, se evidencian los aceros superiores están expuestos.



Figura 12. Eje 2 Nivel -10.00 m

Fuente: propia

En la figura 12, se puede observar en el eje 2 del nivel -10.00 m la viga de cimentación fundida así como la losa de cimentación, esta última se encuentra fundida en una cuarta parte de su sección entre los ejes A - C y 2-4, los aceros superiores se encuentran expuestos.



Figura 13. Ejes 4 y 5 nivel -10.00 m

Fuente: Propia

Como se observa en la figura 13, la viga de cimentación está fundida, la losa de cimentación lo está en más de la mitad de la sección entre ejes A-E y 4-5, y los aceros superiores están expuestos. Además de ello, algunas varillas longitudinales están cortadas desde la base, sin razón aparente.



Figura 14. Eje 6 nivel -10.00 m

Fuente: Propia

Observando la figura 14, la viga de cimentación se encuentra fundida, pero, presenta desgaste del concreto, lo que provocó pérdida de recubrimiento, los aceros de pantallas y columnas están expuestos, la losa de cimentación se encuentra fundida entre los ejes 5-7 y A-C, y no está fundida entre los ejes C-E.



Figura 15. Eje A nivel -10.00 m

En el eje A, (ver figura 15) se observan aceros sobresaliendo en ambos bordes (externo e interno) de la viga de cimentación, se concluye que se pretendía realizar un recalce pero no fue ejecutado, dejando los aceros expuestos a la intemperie.



Figura 16. Eje 7, 9 y 10 nivel -10.00 m

Fuente: propia

En la figura 16 se observan los ejes 7, 8, 9 y 10, en los cuales se presentan cortes desde la base de los aceros superiores expuestos de pantallas y columnas. Entre los ejes 9-11 y A-C, la losa de cimentación está fundida, a excepción de una pequeña franja.



Figura 17. Ejes 11 y 12 nivel -10.00 m

Fuente: propia

Entre los ejes 11 y 12 como se encuentra en la figura 17, la viga de cimentación está sin recubrimiento superior ni placa de cimentación fundida, y presenta aceros expuestos a la intemperie.



Figura 18. Ejes 12, 13 y 15 Nivel -10.00 m

Fuente: Propia

Se evidencia en la figura 18, que la viga de cimentación está sin recubrimiento superior y la placa de cimentación no está del todo fundida, además, los aceros de las vigas están expuestos.



Figura 19. Ejes 12,13,15,16,17,18,19,20 y 21 nivel -10.00 m

Fuente: Propia

En los ejes mostrados en la figura 19, los aceros superiores están en su mayoría cortados desde la base de la viga de cimentación, no se evidencia la planta de cimentación fundida, solo hay un solado de limpieza, además, la viga de cimentación está sin recubrimiento superior.



Figura 20. Ejes 1 al 13 nivel -5.00 m

Fuente: Propia



Figura 21. Aceros expuestos en el nivel -5.00 m

Fuente: Propia

Como se observa en la figura 20, en el nivel -5.00 m de los ejes 1-13 y F-J, la cimentación profunda tipo Caisson se encuentra fundida, pero, solo se encuentra el armazón de las vigas de cimentación, además de esto, tampoco hay fundición de la placa. Los aceros están expuestos a la intemperie y corroídos, se evidencia en la figura 21 que una viga de cimentación está completamente desarmada. Solo se encuentra acero longitudinal para columnas a lo largo del eje F.



Figura 22. Ejes 14 al 22 nivel -5.00 m

Fuente: Propia

Se observa en la figura 22 la distribución de vigas entre ejes 14 y 22. Se evidencia que gran porcentaje de las vigas de cimentación se encuentran fundidas.



Figura 23. Aceros expuestos de las vigas en el nivel -5.00

De los ejes 14 al 22 entre los ejes J-F (ver figura 23), la viga de cimentación está fundida, pero, está deteriorada, se evidencia pérdida de recubrimiento quedando expuesto el acero de vigas de cimentación, esta situación ha generado que el acero se vea deteriorado y adicionalmente presenta arrancamiento desde la base, ya que este era el nivel de inicio del acero de pantallas.

6.2 MURO DE CONTENCIÓN



Figura 24. Muro de contención entre nivel -10.00 m y -5.00 m

Como se evidencia en la figura 24 en el recuadro amarillo, el muro de contención entre los niveles -10.00 m y -5.00 m, se encuentra en condiciones aceptables, está fundido en su totalidad, sin embargo, el concreto ha estado expuesto a la intemperie. En el nivel -5.00 m (parte superior), hasta el eje 13 la viga de cimentación está con su armadura, pero sin fundir, y a partir del eje 14 la viga si está fundida completamente. En este muro de contención se realizó extracción de núcleos de concreto para evaluar la resistencia de este, estas pruebas se realizaron en los ejes F15, F11 y F6

6.3 PANTALLAS

Las 2 pantallas del bloque UEU 4 y una de UEU 5 fueron construidas y totalmente fundidas, a simple vista, tienen condiciones aceptables, Sin embargo se realizaron ensayos de laboratorio que permiten conocer la resistencia de estas.

- **Pantalla A.**



Figura 25. Pantalla A

Fuente: Propia

Como se observa en la figura 25, la pantalla cuenta con un total de 30 anclajes activos de 8 torones cada uno, separados a 4 m de distancia. En la parte superior tiene 36 metros de longitud y posee una altura de 18 metros.

- **PANTALLA B**

Como se observa en la figura 26, la pantalla tiene una altura de 22.00 metros, cuenta con un total de 31 anclajes activos de 4 torones cada uno, separados a 4 m de distancia.



Figura 26. Pantalla B

Fuente: Propia

- **PANTALLA C**



Figura 27. Pantalla C

Fuente: Propia

Como se observa en la figura 27, la pantalla tiene una altura total de 20.00 metros, aunque una parte está recubierta con cobertura vegetal, y 45.00 metros de largo, cuenta con un total de 44 anclajes activos de 4 torones cada uno, separados a 4 m de distancia.

6.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

El procedimiento que se siguió incluyó las siguientes actividades:

- Inspección visual
- Tipificación y preponderancia del sistema estructural y sus componentes mediante levantamiento in-situ e información disponible.
- Caracterización geométrica mediante consulta de unos planos arquitectónicos y estructurales y levantamiento in-situ.
- Caracterización del material mediante la realización de ensayos de laboratorio determinando propiedades físicas, mecánicas, estado y durabilidad.

6.4.1 NÚCLEOS DE CONCRETO

Este ensayo se realiza siguiendo la norma NTC 3658, la norma INVIAS I.N.V. E – 418 - 07 o la norma ASTM C42 / C39-

✓ EQUIPOS

Saca núcleos: Para obtener probetas cilíndricas. Si las probetas deben ser extraídas por taladrado perpendicular a una superficie horizontal, resulta satisfactorio un taladro de percusión; pero si las probetas deben ser taladradas en otra dirección o si su diámetro se debe determinar con exactitud para un cálculo más preciso de la resistencia a la compresión, se emplearán brocas de diamante.

Sierra: Para obtener probetas en forma de viga del tamaño adecuado para efectuar ensayos de resistencia a la flexión. La sierra deberá tener un borde cortante de diamante o carburo de silicio y deberá poder cortar las probetas con las dimensiones prescritas, sin calor excesivo o impacto.

✓ **PROCEDIMIENTO**

En la zona donde será extraído el núcleo se procede a determinar la distribución de acero de refuerzo existe de manera que en el momento de la perforación no se atravesase ninguna barra. El taladro se coloca de manera perpendicular a la superficie donde será extraído el núcleo y se inicia el proceso de corte. Una vez extraído el núcleo, este se mide y se registra cualquier peculiaridad que éste presente.

Ya en laboratorio se procede a cortar los extremos del núcleo de manera que su longitud cumpla con una relación 2:1 con el diámetro y demás especificaciones. El espécimen se deberá sumergir en agua saturada de cal a $23^{\circ} \pm 1.7^{\circ}$ C por un periodo no inferior a 40 horas antes de que se realice el ensayo de compresión (como se describe en la norma I.N.V. E – 410).

✓ **FOTOS**

Se extraen núcleos de concreto tanto en el nivel -10.00 m como en el nivel -5.00 m. Para el nivel -5.00m se extraen núcleos en el eje 19 entre ejes H – I (ver figura 28 Y 29).

Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas	ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5	Página 44
--	---	-----------

En el nivel -10.00 se extraen 2 núcleos de concreto en las vigas de fundación. El primero se realiza en la viga ubicada en el eje 5 entre ejes B y C (ver figuras 30 y 31)

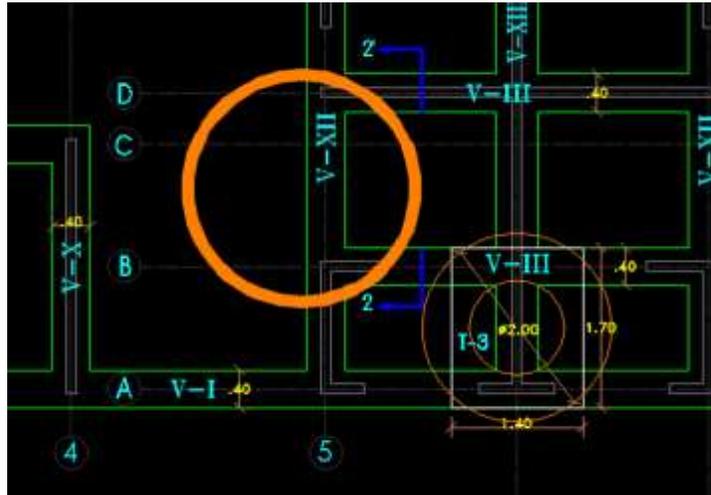


Figura 30. Localización núcleo extraído en nivel -10.00m eje 5.

Fuente: Propia



Figura 31. Extracción de núcleo -10.00, eje 5 entre ejes B-C

Fuente: Propia

El segundo núcleo se extrae en la viga ubicada entre ejes 11 y 12 y ejes A-B (ver figuras 32 y 33).



Figura 32. Extracción de núcleo nivel -10.00, entre ejes 11 y 12 y ejes A-B.
Fuente: Propia

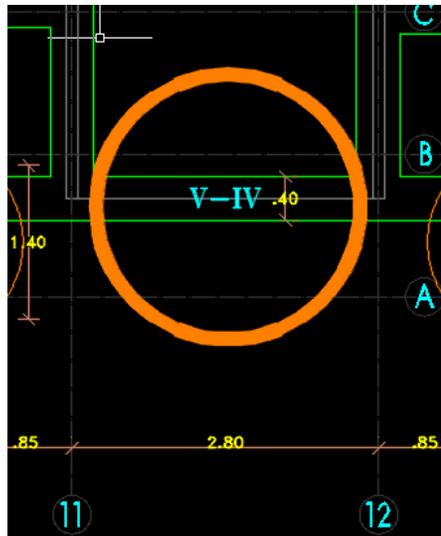


Figura 33. Localización núcleo extraído en nivel -10.00m entre ejes 11 y 12.
Fuente: Propia

<p>Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas</p>	<p>ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5</p>	<p>Página 47</p>
---	---	------------------

Se extraen muestras en el muro de contención en los ejes 15 , 11 y 6, para los ejes 15 y 11 la extracción del núcleo se realizó en la pared externa del muro de contención y para el eje 6, la extracción se realizó en la pared interna de este. (Ver figura 31).

Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas	ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5	Página 48
--	---	-----------



Figura 34. Extracción de núcleos en el muro de contención.

✓ **RESULTADOS**

Teniendo presente que la investigación profunda o detallada es un complemento de la investigación preliminar, la NSR-10 sugiere que los hallazgos de la investigación detallada influyen de manera directa el resultado final del proceso de evaluación.

Por lo tanto, se debe poner especial cuidado en la planeación y ejecución de la investigación detallada considerando que con base en ésta se evaluará en gran medida, el estado en que se encuentra la estructura.

Si bien los resultados de resistencia a compresión del concreto dan valores acordes con los planteados en planos, eso no garantiza que estén en condiciones adecuadas ya que se encontraron fenómenos de carbonatación en algunas profundidades del concreto debido a la exposición de la estructura a ciclos continuos de lluvia y sol.

Una vez comienzan a llegar los resultados de resistencia de cilindros curados en obra de las vigas de cimentación de los Bloques 31 y 32 podemos apreciar que las calidades de los concretos de los elementos mencionados no está cumpliendo con la resistencia de diseño de 3000 PSI como se muestra en la siguiente tabla:

ELEMENTO	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA (PSI)
UEU4- Vigas cim 1-8	17-08-2016	24-08-2016	7	2478
UEU4- Vigas cim 1-8	17-08-2016	24-08-2016	7	2439
UEU4- Vigas cim 1-8	17-08-2016	14-09-2016	28	3527
UEU4- Vigas cim 1-8	17-08-2016	14-09-2016	28	3538
UEU4- Vigas cim 1-8	17-08-2016	14-09-2016	28	3440
UEU4- Vigas cim 1-8	17-08-2016	14-09-2016	28	3241
UEU4- Vigas cim 1-8	17-08-2016	24-08-2016	7	1481
UEU4- Vigas cim 1-8	17-08-2016	24-08-2016	7	1419
UEU4- Vigas cim 1-8	17-08-2016	14-09-2016	28	2414
UEU4- Vigas cim 1-8	17-08-2016	14-09-2016	28	2402
UEU4- Vigas cim 8-12	18-08-2016	25-08-2016	7	1612
UEU4- Vigas cim 8-12	18-08-2016	25-08-2016	7	1584
UEU4- Vigas cim 8-12	18-08-2016	15-09-2016	28	2526
UEU4- Vigas cim 8-12	18-08-2016	15-09-2016	28	2757
UEU4- Vigas cim 8-12	18-08-2016	05-10-2016	48	2805

UEU4- Vigas cim 8-12	18-08-2016	21-10-2016	64	3599
UEU4- Vigas cim 16-19	27-08-2016	03-09-2016	7	1751
UEU4- Vigas cim 16-19	27-08-2016	03-09-2016	7	1671
UEU4- Vigas cim 16-19	27-08-2016	24-09-2016	28	2506
UEU4- Vigas cim 16-19	27-08-2016	24-09-2016	28	2719
UEU4- Vigas cim 16-19	27-08-2016	04-10-2016	38	3050
UEU4- Vigas cim 16-19	27-08-2016	21-10-2016	55	3014
UEU4- Vigas cim 19-22	29-08-2016	05-09-2016	7	1266
UEU4- Vigas cim 19-22	29-08-2016	05-09-2016	7	1168
UEU4- Vigas cim 19-22	29-08-2016	26-09-2016	28	2030
UEU4- Vigas cim 19-22	29-08-2016	26-09-2016	28	2102
UEU4- Vigas cim 19-22	29-08-2016	04-10-2016	36	2612
UEU4- Vigas cim 19-22	29-08-2016	21-10-2016	53	2690

Los ensayos realizados a los cilindros demostraban que aunque el concreto estaba ganando resistencia con tiempo, ésta no llegaba a los valores esperados. Por lo anterior la interventoría solicitó al contratista realizar la extracción de núcleos de concreto para evaluar la resistencia del concreto y así poder comprobar si las vigas de los bloques 31 y 32 cumplen con la resistencia de diseño de 3000 PSI.

Figura 35. Resultados resistencia concreto realizados por la interventoría

Si bien los resultados de resistencia a compresión del concreto dan valores acordes con los planteados en planos, eso no garantiza que estén en condiciones adecuadas ya que se encontraron fenómenos de carbonatación en algunas profundidades del concreto debido a la exposición de la estructura a ciclos continuas de lluvia y sol.

PROYECTO : LA AVANZADA
 INTERESADO : QUASAR INGENIEROS Y CONSULTORES S.A.S.
 LOCALIZACION : BARRIO LA AVANZADA - MANIZALES
 NOVIEMBRE 13 DE 2019

NÚCLEOS No.	FECHA DE ENSAYO DIA/MES/AÑO	NÚCLEO REFERENCIA	PESO DEL NÚCLEO g	PESO UNITARIO g/cm ³	FALLA TIPO	DIÁMETRO cm	ALTURA cm	ÁREA cm ²	RELACIÓN DE ESBELTEZ	CARGA KN	RESISTENCIA ACTUAL		
											Kg/cm ²	MPa	P.S.I.
1	13/11/2019	VIGA CIMENTACION F12	2915,0	2,240		10,07	16,35	79,59	1,624	165,83	212,5	20,8	3035
2	13/11/2019	PANTALLA INTERNA 7	3645,0	2,307		10,03	20,00	79,01	1,994	210,65	271,9	26,7	3884
3	13/11/2019	PANTALLA 11	3665,0	2,298		10,06	20,05	79,54	1,992	217,18	278,4	27,3	3978
4	13/11/2019	VIGA ANCLAJE	3755,0	2,379		10,04	19,95	79,12	1,988	138,51	178,5	17,5	2550
5	13/11/2019	PANTALLA DADO	3840,0	2,420		10,03	20,10	78,96	2,005	194,83	251,6	24,7	3594
6	13/11/2019	PANTALLA ANCLAJE	3860,0	2,431		10,03	20,10	79,01	2,004	252,39	325,7	31,9	4653
7	13/11/2019	VIGA S.P.	3400,0	2,251		10,03	19,10	79,06	1,904	167,23	215,7	21,2	3081
8	13/11/2019	CAISSON S.P.	3585,0	2,253		10,04	20,10	79,17	2,002	181,25	233,5	22,9	3335
9	13/11/2019	VIGA CIMENTACION F7	3650,0	2,302		10,01	20,15	78,70	2,013	188,02	243,6	23,9	3480
10	13/11/2019	PANTALLA 15	3605,0	2,255		10,03	20,25	78,96	2,020	206,75	267,0	26,2	3814

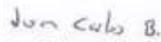
NOTA : Nucleos capinados con azufre

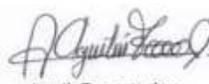
El área de cada núcleo corresponde al promedio de tres mediciones con calibrador VERNIER CALIPER 0-150mm y la altura al promedio de dos.

Los nucleos fueron pesados en la Balanza Electronica TEK HK-DC 6200B

Nucleos de concreto cortado con disco diamantado para llevarlo a la relación de esbeltez y/o nivelar sus caras

La máquina para este ensayo de compresión corresponde a una AUTOMAX-5 de CONTROLS, calibrada en el sitio el pasado 6 de febrero de 2019 por DIRIMPEX SAS


 Juan Betancourt Duque
 Auxiliar de Laboratorio
 quien ensayó


 Agustín Torres Jiménez
 Geotecnólogo
 MP: 1951600093 CAU

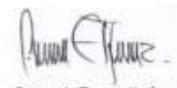

 Consuelo Torres Jiménez
 Geóloga
 MP: 3652

Figura 36. Realizados por el Laboratorio CONSUAS

6.4.2 CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO

La inspección visual realizada permite identificar aceros expuestos sin ningún tipo de protección (recubrimiento anticorrosivo en la protección del acero de refuerzo en el concreto), lo que genera pérdida de la capa protectora de la armadura generando despasivación del acero y en un vaciado posterior presiones internas expansivas que terminan generando delaminación.

La corrosión de los aceros expuestos es ocasionada por los ciclos continuos de lluvia y sol (presencia de agua y oxígeno), esto genera pérdida de adherencia entre el acero y el concreto.

La recuperación de estos elementos (puede recuperarse aproximadamente el 20%) requiere de una inversión en productos que sirvan como protección anticorrosiva del acero de refuerzo que ha sido atacado y que permita mejorar la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto nuevo.

✓ FOTOS

Como se observa en las figuras 37 y 38 se extrajeron flejes de ambos niveles para revisión con microscopio, lo anterior con el fin de conocer el desgaste que presenta por las condiciones en las que se encuentran los materiales.



Figura 37. Extracción de flejes en nivel -10.00 m y -5.00 m
Fuente: Propia



Figura 38. Flejes extraídos para prueba



Figura 39. Fenómeno de la corrosión en muestras (fotografía tomada con microscopio)



Figura 40. Fenómeno de la corrosión en muestras (fotografía tomada con microscopio)

6.4.3 CARBONATACIÓN Y ESCLEROMETRÍA

La carbonatación es la reacción del CO₂ de la atmósfera con las sustancias alcalinas de la solución de los poros y con los componentes hidratados del hormigón que produce un descenso del pH (sobre el 9.5). Algunos autores consideran que el acero no está debidamente protegido con pH inferiores a 11. Cuando la profundidad de este fenómeno alcanza las barras de acero, ocurre pérdida de la capa pasivante que genera la reacción con el concreto alrededor de la varilla, lo cual predispone la ocurrencia de fenómenos de oxidación del refuerzo.

Este ensayo se realiza siguiendo la norma NTC 3692, la norma INVIAS I.N.V. E – 413 - 07 o la norma ASTM C805, es un ensayo no destructivo.

Hechos los estudios de patología se encontraron fenómenos de carbonatación en algunas profundidades generadas por la exposición de la estructura. A continuación se presentan tablas que evidencian la baja resistencia de la resistencia a la compresión del concreto, datos acordes con los obtenidos en los ensayos realizados en obra.

✓ **EQUIPOS**

Martillo de rebote o esclerómetro de rebote: Es un martillo de acero impulsado por un resorte que al dispararse golpea un émbolo de acero en contacto con la superficie del concreto. Debe funcionar con una velocidad fija y reproducible. La distancia de rebote se mide en una escala lineal adosada a la envoltura del instrumento.

Piedra Abrasiva: Pieza de carburo de silicio con una textura de grado medio o material equivalente.

✓ **PROCEDIMIENTO**

Se marca el área seleccionada por ensayar creando una superficie cuadrada de a lo menos 200 mm por lado, se emparejan con la piedra abrasiva las superficies ásperas, blandas o con mortero suelto, si el concreto presenta en superficie una capa carbonatada o tiene más de seis meses de edad, se debe desgastar previamente hasta una profundidad de 5 mm.

Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas	ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5	Página 57
--	---	-----------

Se debe sujetar firmemente el instrumento en una posición que permita golpear perpendicularmente la superficie por ensayar, se aumenta gradualmente la presión hasta que el martillo dispare, después de cada impacto, se debe examinar la superficie y descartar la lectura si el impacto produce trituración superficial o rompe a través de un hueco de aire superficial, en caso contrario se registra el valor de rebote, se repite la operación efectuando impactos uniformemente repartidos en la superficie de ensayo hasta completar 10 valores registrados.

✓ **FOTOS**



Figura 41. Esclerometría en ejes y muro de contención

Fuente: Propia

- **RESULTADOS**

Hechos los estudios de patología se encontraron fenómenos de carbonatación en algunas profundidades generadas por la exposición de la estructura. A continuación se presentan tablas que evidencian la baja resistencia de la resistencia a la compresión del concreto, datos acordes con los obtenidos en los ensayos realizados en obra.

Profundidad de carbonatación (cm)	Factor de corrección
0,5	0,97
1	0,94
1,5	0,90
2	0,87
2,5	0,84
3	0,80
3,5	0,78
4	0,74
4,5	0,72
5	0,68
5,5	0,65
6 o mayor	0,62

Tabla 1. Factor de correccion según profundidad de carbonatacion

VIGA nivel -5.00 V-VIII				
No.	índice de rebote	f'c superficial (Mpa) esclerómetro a 90°	índice de carbonatación	f'c obtenido (Mpa)
1	20	25.00	0.74	18.50
2	10	12.50	0.74	9.25
3	12	15.00	0.74	11.10
4	20	25.00	0.74	18.50
5	18	22.50	0.74	16.65
6	26	32.50	0.74	24.05
7	14	17.50	0.74	12.95
8	23	28.75	0.74	21.28
9	18	22.50	0.74	16.65
10	26	32.50	0.74	24.05
11	20	25.00	0.74	18.50
12	20	25.00	0.74	18.50
13	18	22.50	0.74	16.65
14	16	20.00	0.74	14.80
15	16	20.00	0.74	14.80
16	18	22.50	0.74	16.65
Promedio	18.44	23.05	0.74	17.05

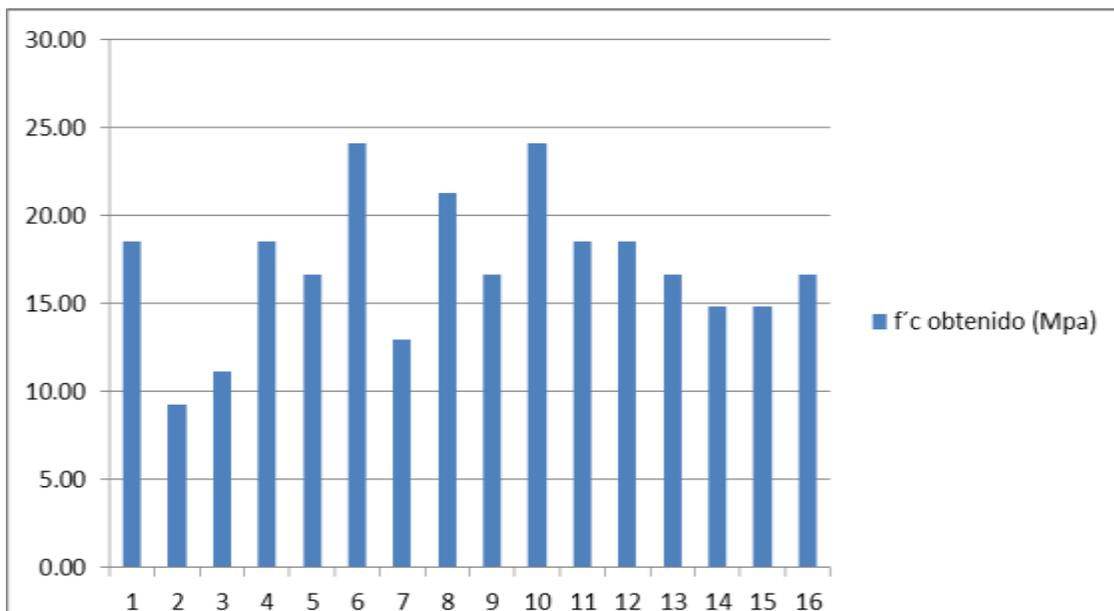


Tabla 2. Ensayo esclerometria y carbonatacion viga

PANTALLA UEU 5				
No.	índice de rebote	f'c superficial (Mpa) esclerómetro a 90°	índice de carbonatación	f'c obtenido (Mpa)
1	22	27.50	0.94	25.85
2	22	27.50	0.94	25.85
3	28	35.00	0.94	32.90
4	20	25.00	0.94	23.50
5	34	42.50	0.94	39.95
6	20	25.00	0.94	23.50
7	28	35.00	0.94	32.90
8	20	25.00	0.94	23.50
9	22	27.50	0.94	25.85
10	30	37.50	0.94	35.25
11	38	47.50	0.94	44.65
12	32	40.00	0.94	37.60
13	30	37.50	0.94	35.25
14	26	32.50	0.94	30.55
15	26	32.50	0.94	30.55
16	22	27.50	0.94	25.85
Promedio	26.25	32.81	0.94	30.84

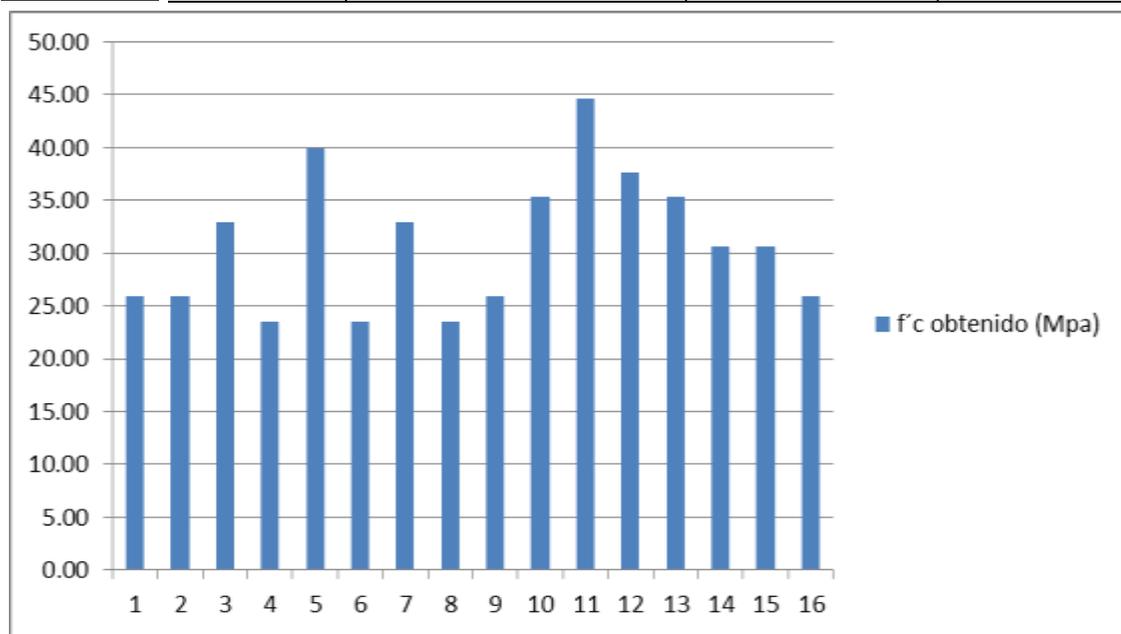


Tabla 3. Ensayo esclerometria y carbonatacion pantalla

CAISSON NIVEL -5.0. C-4 entre ejes A y B				
No.	índice de rebote	f'c superficial (Mpa) esclerómetro a 90°	índice de carbonatación	f'c obtenido (Mpa)
1	12	15.00	0.94	14.10
2	5	6.25	0.94	5.88
3	10	12.50	0.94	11.75
4	12	15.00	0.94	14.10
5	10	12.50	0.94	11.75
6	10	12.50	0.94	11.75
7	11	13.75	0.94	12.93
8	12	15.00	0.94	14.10
9	10	12.50	0.94	11.75
10	12	15.00	0.94	14.10
11	9	11.25	0.94	10.58
12	10	12.50	0.94	11.75
13	10	12.50	0.94	11.75
14	12	15.00	0.94	14.10
15	11	13.75	0.94	12.93
16	10	12.50	0.94	11.75
Promedio	10.38	12.97	0.94	12.19

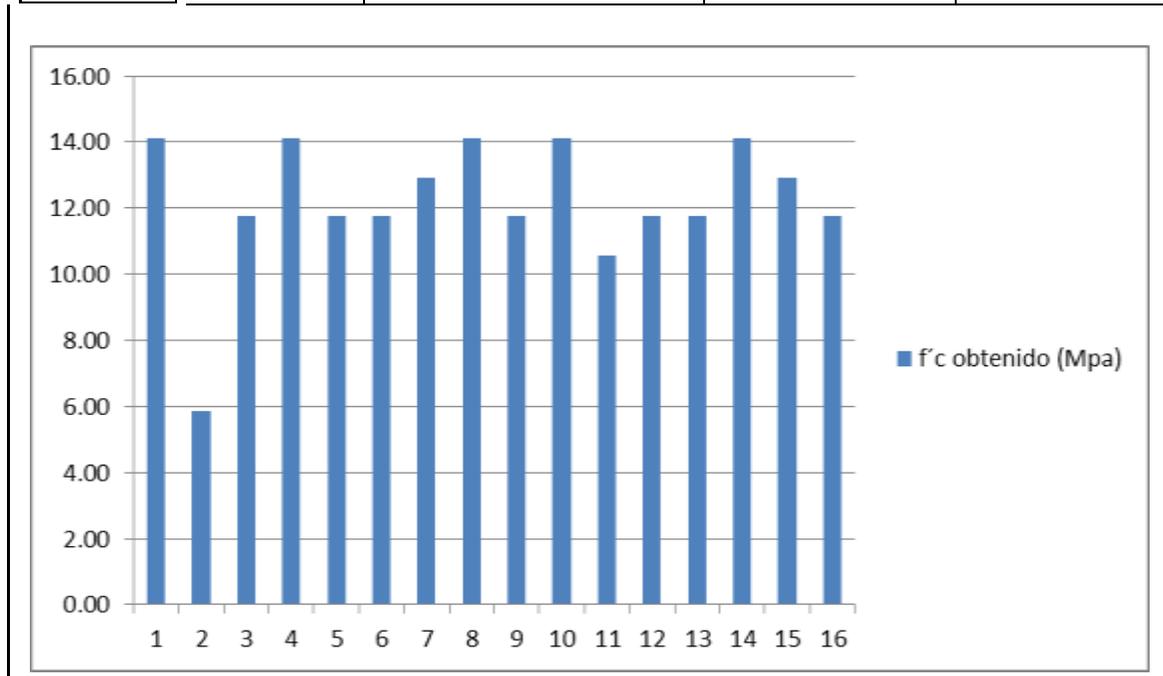


Tabla 4. Ensayo esclerometria y carbonatacion caisson

6.4.4 PRUEBA DE INTEGRIDAD DE PILOTES

✓ **GENERALIDADES:**

Para los bloques 31 y 32 se realiza una prueba de integridad al caisson G-2. Su profundidad es cercana a 8.00 m, diámetro 0.90 m y campana de 1.80 m.

✓ **OBJETIVO:**

La prueba determina el estado del pilote en cuanto a su continuidad, cambios de dimensiones o consistencia del material.

✓ **PRECAUCIONES:**

- No debe realizarse antes de los 7 días o el 75% de la resistencia de diseño.
- Se debe tener la cabeza del pilote limpio y liso.
- Para diámetros mayores a 50 cm se debe realizar la prueba mínimo en 3 puntos.
- El impacto se debe dar en un punto que no esté a más de 30 cm del sensor

✓ **EQUIPOS**

- Acelerómetro
- Martillo
- Cables
- Computador

Este ensayo se realiza siguiendo la norma ASTM D 5882. Sirve para determinar la variación a lo largo de la profundidad de las características del hormigón de pilotes de fundación.



Figura 42. Equipos para PIT

✓ **PROCEDIMIENTO**

Consiste en la colocación de un acelerómetro de alta sensibilidad en la cabeza del pilote bajo prueba, y en la aplicación de golpes con un martillo de mano. Al acelerómetro se lo fija por medio de un material viscoso, generalmente cera de petróleo. Los golpes generan una onda de tensión, que recorre el pilote y sufre reflexiones al encontrar cualquier variación en las características del material (área de sección, peso específico o módulo de elasticidad). Esas reflexiones causan variaciones en la aceleración medida por el sensor. El equipo hace un registro de la evolución de esa aceleración con el tiempo (en realidad es más usual convertirse la aceleración para velocidad, mediante la integración de la señal). Como la onda camina con una velocidad fija, conociéndose esa velocidad de propagación y el tiempo transcurrido entre la aplicación del golpe y la llegada de la reflexión correspondiente a la variación de características es posible determinar localización exacta de esa variación.

Es usual la aplicación de varios golpes secuenciales, para que el equipo PIT saque el promedio de las señales correspondientes. Ello permite el "filtro" de interferencias aleatorias, sobresaliendo en la señal apenas las variaciones causadas por las reflexiones de la onda.

✓ **FOTOS**



Figura 43. PIT en los Caissons del nivel -5.00 m

✓ **RESULTADOS**

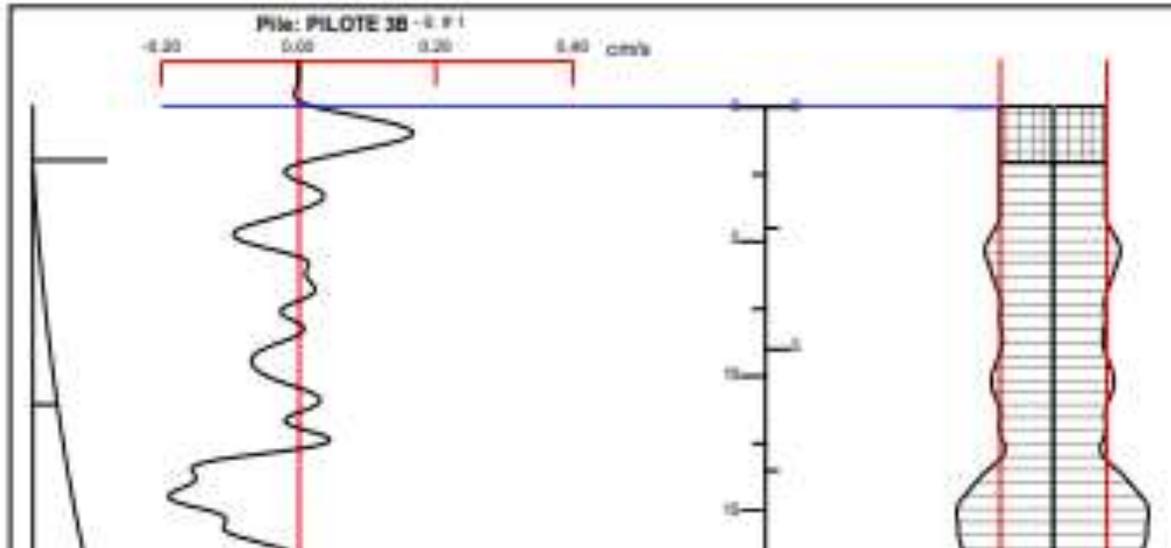


Figura 44. Prueba pip caisson nivel -5.00 entre J1 – J2

Se observan algunas protuberancias a lo largo del pilote, especialmente sobre el sector del fondo cercano a 8 m, producto del proceso constructivo, sin embargo, los diámetros mínimos se conservan y la profundidad incluso supera los 8 m. El pilote se muestra en buen estado. Por tal motivo de acuerdo a la clasificación de Webster el pilote presenta buenas condiciones.

7 ASPECTOS GEOTÉCNICOS

7.1 COMENTARIOS GENERALES.

- La zona de estudio desde el punto de vista topográfico presenta sectores planos y de pendiente media, en general ha sufrido intervenciones antrópicas moderadas, como producto de la adecuación del lote con fines urbanísticos (macro proyecto) y la presencia de viviendas las cuales anteriormente fueron demolidas, se observa desde el inicio de las perforaciones los depósitos naturales y en algunos sectores capas de relleno que varían desde 0.4 m hasta 2.2 m.
- Una vez analizado el mapa Geológico de la zona, se observa que la formación superficial predominante en el sector son los depósitos de lluvia piroclástica, formados por intercalaciones de limos arenosos y limos arcillosos depositados en capas sub-horizontales durante los diferentes eventos volcánicos. Una vez superados los depósitos de lluvia piroclástica, cuyo espesor es superior a 8.0 m, se encuentra los depósitos de flujos de lodo, el cual está conformado principalmente por cenizas, arenas, fragmentos y bloques de rocas volcánicas y metamórficas, arenas volcánicas bien seleccionadas con clastos de pómez.

Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas	ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5	Página 68
--	---	-----------

- Estos flujos de lodos corresponden a depósitos Volcanogénicos de Piedemonte (Formación Casabianca). La cual se denomina como un grupo de sedimentos volcánicos de grano grueso, derivados del eje volcánico Ruiz - Cerro Bravo, los cuales fueron depositados en los flancos oeste y este en medio de la Cordillera Central y en menor proporción tobas y sedimentos volcánicos re trabajados producto de la agradación en cauces fluviales (BORRERO y NARANJO, 1990).
- En la Formación Casabianca, los clastos son predominantemente andesíticos 90%, accesorios basalto - andesítico, dacíticos y menos de los 5% plutónicos y metamórficos derivados desde el basamento Paleozoico - Mesozoico. Además se presentan clastos de tobas grises subredondeados de diámetro promedio entre 5.0 -10.0 cms. El tamaño de los clastos varía desde pocos centímetros hasta 2 metros, variando desde redondeados a subredondeados; los de menor tamaño se presentan más subangulares y en general existe un mal calibrado. En algunos sectores están fuertemente meteorizados, mostrando colores de alteración rojizos, amarillos y grises. La relación matriz - clastos es de 35-65% generando el carácter clasto soportado de dicha formación. La matriz es de origen volcánico, compuesta de arena muy gruesa y suelos areno arcillosos dominando la fracción más fina, la cual se encuentra fuertemente meteorizada con variedad de colores entre amarillo, blanco, rojo y crema.

7.2 PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA.

El método de prospección en la zona de estudio consistió en la realización de sondeos mecánicos por rotación y lavado. Se determinó la ejecución de 1 perforación estratégicamente ubicada. La profundidad alcanzada en este sondeo supero los materiales de relleno y los depósitos de caída piroclástica. De cada una de las perforaciones se extrajeron muestras en tubo de pared delgada y en bolsa para ser ensayadas en laboratorio. Los ensayos realizados fueron los siguientes:

- Clasificación:
Granulometría por lavado (pasante Tamiz # 200)
Límites de Atterberg:
- Propiedades físicas:
Humedad Natural
Peso Unitario:
-Húmedo
-Seco
- Propiedades Mecánicas:
Resistencia a la Compresión Inconfinada
Resistencia al corte no drenado.

Los demás parámetros geotécnicos serán obtenidos mediante correlaciones empíricas propuestas en la literatura para los suelos de la región.

Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas	ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5	Página 70
--	---	-----------

7.3 DESCRIPCIÓN DE PERFORACIONES.

Una vez realizada la prospección Geotécnica se puede determinar claramente un perfil característico, el cual se describe de la superficie hacia abajo de la siguiente manera:

1. Desde el inicio de la perforación se detecta una capa de relleno, que corresponde a un material limo-arcilloso de espesor aproximado de 2.00 metros, de colores negro grisáceo y pardo amarillento claro. Este material presenta resistencia media a baja y humedad media.
2. Posteriormente, se detectan los depósitos de caída piroclástica, que corresponden a un material limo arcilloso de espesor aproximado de 4.50 metros, de color amarillo claro. Este material presenta resistencia media y humedad media.
3. Infrayaciendo los depósitos anteriores, se encontró un depósito de suelo residual de textura limo arcillosa, de colores amarillo claro, rojizo oscuro y gris claro. El espesor de este material es superior a 15.0 m y presenta humedad media y resistencia media a alta.

7.4 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

7.4.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS:

Para la clasificación de los materiales extraídos de cada una de las perforaciones, se utilizará el sistema unificado de clasificación de suelos, el cual tiene como principal parámetro la carta de plasticidad.

Por tal motivo es necesaria la determinación de los Límites de Atterberg y la realización de Granulometrías por Lavado.

Las características generales de los materiales encontrados en la zona son:

- El tipo de material encontrado son materiales depósitos de caída piroclástica correlacionables con la formación Casabianca, de textura limo arcillosa y limo arenosa que se clasifica en la carta de Plasticidad como limos de alta plasticidad MH.
- Los colores predominantes en este material son el pardo amarillento con oxido, el gris amarillento claro, el amarillo encendido y el pardo amarillento para las cenizas y el rojo claro con vetas grises y amarillas y el gris claro con vetas amarillas.
- La humedad natural promedio es de 135.2% para los depósitos de caída piroclástica.

Sondeo	PUH (Ton/m ³)	PUS (Ton/m ³)	Qu (ton/m ²)	W (%)	LI (%)	Lp (%)	Ip (%)	Tamiz 200 (%)	USCS	c (Ton/m ²)	φ (°)
S1 - 5,5	1.35	0.61	1.36	122.60	148.6	76.4	72.3	90.20	MH	0.4	28.22
S1 - 9,0	1.23	0.41	1.79	200.00	217.50	102.00	115.60	98.80	MH	0.59	25.38
S1 - 12,0				83.00	94.70	58.70	36.00	91.70	MH	0.25	33.25
Promedio	1.29	0.51	1.58	135.20	153.60	79.03	74.63	93.57	MH	0.41	28.95
Máximo	1.35	0.61	1.79	200.00	217.50	102.00	115.60	98.80		0.59	33.25
Mínimo	1.23	0.41	1.36	83.00	94.70	58.70	36.00	90.20		0.25	25.38

Tabla 5. Cuadro resumen propiedades mecánicas de las muestras analizadas.

7.4.1.1 LÍMITE LÍQUIDO:

Las muestras ensayadas presenta un valor promedio de 153.60% para las cenizas. Estos valores nos indican que la plasticidad de los materiales es alta, lo que limita la capacidad de carga del suelo.

7.4.1.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA:

El valor promedio de la resistencia a la compresión inconfiada para este tipo de suelo es de 1.58 ton/m².

7.4.1.3 PESO UNITARIO DEL SUELO:

El valor promedio es de 1.29 ton/m³ para pesos unitarios húmedos y 0.51 ton/m³ para pesos unitarios secos en lo que tiene que ver con los depósitos de caída piroclástica.

7.4.1.4 ÍNDICE DE PLASTICIDAD:

Presenta valores altos superiores a 74.63% en los depósitos de ceniza.

7.4.1.5 COHESIÓN:

El valor de esta propiedad se calculó por medio del ensayo de corte directo no consolidado no drenado, arrojando un valor de 0. Ton/m².

7.4.1.5.1 ANGULO DE FRICCIÓN.

El valor de esta propiedad según la anterior correlación es de 33.52°, con el ensayo de corte directo se tiene un valor promedio de 30.22 grados.

<p>Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas</p>	<p>ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5</p>	<p>Página 74</p>
---	---	------------------

8 CONCLUSIONES

- Luego de realizar una inspección visual a la estructura objeto de estudio y teniendo en cuenta los documentos existentes (diseños originales y bitácora de obra), así como los resultados de los ensayos realizados, se concluye que la estructura debe ser demolida si se tiene en cuenta que una de las principales causas que generan vulnerabilidad estructural del sistema está asociada principalmente a la incertidumbre en el proceso constructivo y al tiempo que la estructura ha estado expuesta, si bien se cuenta con la bitácora de obra, esta también refleja los diferentes problemas presentados en la ejecución:
- Se evidencia en las vigas de cimentación un posible planteamiento de recalce ya que se pueden apreciar los aceros adicionales anclados a los elementos ya vaciados, este tipo de planteamientos generan incertidumbre al momento de dar continuidad a la obra.
- Como se pudo corroborar en la inspección realizada en el trabajo de campo, todos los elementos construidos se encuentran totalmente expuestos a agentes externos (agua, sol), esto ha generado que el acero presente corrosión y el concreto principio de carbonatación, estas condiciones llevan a la estructura futura a presentar problemas de integridad y manifestaciones físicas de falla.

- Si bien los resultados de resistencia a compresión del concreto dan valores acordes con los planteados en planos, eso no garantiza que se encuentre en condiciones adecuadas ya que se encontraron fenómenos de carbonatación en algunas profundidades del concreto debido a la exposición de ciclos continuos de lluvia y sol.
- En la inspección física realizada a la cimentación se encontró que presenta integridad estructural sin evidencia de patologías u otras manifestaciones que pudieran evidenciar problemas geotécnicos, asentamientos excesivos o sobre-esfuerzos.
- Debido a la exposición de los elementos se detectaron refuerzos de muros y vigas estructurales con cuantías inferiores a las planteadas en planos debido al hurto de algunos refuerzos (arrancamiento).
- La inspección visual realizada permite identificar aceros expuestos sin ningún tipo de protección (recubrimiento anticorrosivo en la protección del acero de refuerzo en el concreto), lo que genera pérdida de la capa protectora de la armadura generando despasivación del acero y en un vaciado posterior presiones internas expansivas que terminan generando delaminación.
- La corrosión de los aceros expuestos es ocasionada por los ciclos continuos de lluvia y sol (presencia de agua y oxígeno), esto genera pérdida de adherencia entre el acero y el concreto.

- Los resultados de los ensayos muestran profundidades de carbonatación que superan los espesores de recubrimiento de los aceros razón por la cual se encuentran ante amenaza de corrosión.
- El ensayo de esclerometría correlacionado con el de carbonatación muestran valores de resistencia a la compresión inferiores a los señalados en planos, de acuerdo con este criterio y con los datos tomados de la bitácora, algunos elementos no cumplen con los mínimos con los que fueron diseñados.
- En cuanto al diseño estructural, los últimos ajustes a la NSR-10 plantean para el actual sistema de resistencia estructural elementos de borde que en el diseño original deberán ser revisados ya que en la inspección visual no de evidencian.
- El análisis de la intervención de la estructura, constituye la etapa final del presente estudio, de acuerdo con las conclusiones planteadas en los puntos anteriores se concluye que la estructura debe ser demolida y los cimientos profundos pueden ser aprovechados para una nueva edificación.
- Para las 2 pantallas de la UEU 4 se debe realizar prueba de tensionamiento mínimo al 30% de los anclajes.
- Para las pantallas de la UEU 5 los 11 anclajes que ya se encuentren tensionados se debe realizar una prueba de tensionamiento mínimo al 30% de estos.
- En La pantalla de la UEU 5, 33 anclajes quedaron sin tensionar estos deben tensionarse según los diseños.

Carrera 23 # 72-130 Sector Milán. Tel. 8868303 e-mail: quasaringenierosconsultores@gmail.com Manizales – Caldas	ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN URBANÍSTICA "UEU" 4 Y OBRAS DE ESTABILIDAD DE LA UEU 5	Página 77
--	---	-----------

