



Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: EIC-Lanamme-INF-0735-2022

Informe de revisión del corredor principal del Proyecto de las OBIS



Preparado por:

Ing. Ana Lorena Monge S, M.Sc.
Coordinadora General
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Junio, 2022





Contenido

I.	Introducción	4
II.	Revisión del documento “03 – Especificaciones: “Norma de diseño y especificaciones técnicas” ..	6
II.1	Normativa	6
II.2	Alcance de los servicios	6
II.3	Especificaciones	8
III.	Revisión del documento Informe final: 01 – Memorias “Mecánica de suelos”	8
III.1	Investigación recopilada y realizada	9
III.2	Geología	11
III.3	Caracterización geotécnica y propuesta de cimentación de cada sitio.....	12
III.3.1	Caracterización geotécnica general	12
III.3.2	Caracterización geotécnica en cada sitio de estudio	14
III.4	Análisis de estabilidad	33
III.4.1	Análisis de taludes en corte.....	33
III.4.2	Análisis en taludes de relleno.....	36
III.5	Anexos	38
IV.	Revisión de documentos de diseño estructural para cada obra propuesta	38
V.	Revisión del documento Informe final: 01 – Memorias “Diseño estructural – Muros”	41
VI.	Comentarios finales	42
VII.	Referencias.....	42



Informe de revisión del corredor principal del Proyecto de las OBIS

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, el presente informe muestra el resultado de la revisión de los aspectos geotécnicos presentados en los documentos concernientes al anteproyecto del corredor principal de las obras impostergables OBIS, que se enlistan a continuación:

- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 03 – Especificaciones “Normas de diseño y especificaciones técnicas”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral – Informe final: 01 – Memorias “Mecánica de suelos”
- Anexo 1a 100949-IDM-GEO-000000-TEN-C-040100-01-P01.01-S3-IFI
- Anexo 1b 100949-IDM-GEO-000000-TEN-C-040100-02-P01.01-S3-IFI
- Anexo 1c 100949-IDM-GEO-000000-TEN-C-040100-03-P01.01-S3-IFI
- Anexo 2a Informe prospecciones campo ruta uno
- Anexo 2b Geofísica Completo
- Anexo 3a Ensayos laboratorio total
- Anexo 3b Informe resultados laboratorio ruta uno
- Anexo 5 Estaciones Campo
- Anexo 6 Fichas de Talud
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 8+820”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.S Est. 11+080”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.S Est. 18+900”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 28+800”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 30+350”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 34+910”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.S Est. 35+180”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 37+850”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 39+700”



- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 41+300”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 43+850”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 46+150”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 47+560”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 46+680”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.I Est. 52+640”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 56+200”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.S Castella”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural – Alcantarilla río Pirro”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural – Alcantarilla quebrada Seca”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.S Sarchí”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.S San Antonio del Tejar”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo viaducto río Poás, calzada derecha”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Mejoramiento viaducto río Poás, calzada izquierda”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo viaducto río Rosales, calzada derecha”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Mejoramiento viaducto río Rosales, calzada izquierda”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo viaducto río Grande II, calzada izquierda”



- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Mejoramiento viaducto río Grande II, calzada derecha”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo viaducto río Grande I, calzada izquierda”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo viaducto río Grande I, calzada derecha”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Mejoramiento viaducto río Virilla”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Mejoramiento viaducto río Colorado, Rafael Iglesias”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural – Obras de defensa en bastiones”
- Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Muros”

A continuación, se presentan algunos comentarios relacionados con la información revisada.

II. Revisión del documento “03 – Especificaciones: “Norma de diseño y especificaciones técnicas”

Se revisa el documento de especificaciones del Proyecto Integral del Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, tomo 03, específicamente en lo relevante a aspectos geotécnicos, tanto en normativa como en especificaciones como tal, que fue elaborado en julio del año 2020. A continuación, se muestra el resultado de dicha revisión.

II.1 Normativa

Se verifica que, a la fecha de emisión de dicho documento, la normativa básica desde el punto de vista geotécnico, tomada como base técnica para el proyecto se resume en:

- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (CR-2010)
- Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCCR), 2009
- Código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica, 2015

Se logra verificar que las versiones indicadas eran las vigentes en el momento en que se realiza el anteproyecto. Se considera recomendable que, para los diseños finales, la empresa contratada para tales efectos considere las versiones actualizadas de dichas normativas.

II.2 Alcance de los servicios

En el documento de especificaciones, en el apartado 1.4 la empresa IDOM indica los alcances del trabajo realizado y específicamente en el apartado 1.4.4 “Mecánica de suelos y geotecnia – Consideraciones específicas del estudio de mecánica de suelos y geotecnia” se indica que la exploración geotécnica se debe realizar según los lineamientos indicados en la tabla 10.4.2-1 del AASHTO LRFD, 8th edición (2017). Al revisar dicha tabla, se observa que estos lineamientos se limitan a indicar la profundidad de la



investigación, cuando en la normativa nacional, se establecen otros aspectos como la separación máxima entre puntos de investigación y cantidad mínima de los mismos (ver cuadro 2.1 del Código de Cimentaciones de Costa Rica). Es por ello que se considera recomendable que, para cuando se realicen los diseños finales, la información obtenida de la exploración geotécnica realizada en la etapa de anteproyecto, se revise y verifique si se cuenta con los aspectos indicados en la normativa nacional para que, en caso de ser necesario, se complemente con puntos adicionales de exploración.

Por su parte, en el apartado 1.4.4 “Mecánica de suelos y geotecnia – Consideraciones generales del estudio de mecánica de suelos y geotecnia” se indica que los análisis geológico-geotécnicos se concentran en análisis de infiltración de suelos (en el caso de evacuación de aguas pluviales), el diseño de taludes de corte y relleno, y análisis fenómenos como licuación, erosión y socavación. Al revisar estos aspectos, se observa que falta la determinación de la capacidad de soporte y algún análisis especial de deformabilidad. Sin embargo, más adelante en el documento se observa que la revisión realizada contempla otros aspectos no mencionados en su introducción por lo que se considera adecuado. Los aspectos revisados son:

- Taludes y estructuras de estabilización: lo indicado se considera adecuado
- Geología: lo indicado se considera adecuado
- Geotecnia general: lo indicado se considera adecuado, sobre todo porque es en este punto donde se observa que se contempla lo relacionado con capacidad de soporte del medio y su respectiva deformabilidad
- Perforaciones: lo indicado se considera adecuado. Sin embargo, se considera adecuado contemplar también la realización de otros ensayos in situ diferentes al SPT, como por ejemplo el uso de CPT, CPTu, DMT, PMT, entre otros pues también generan información adecuada para conocer el comportamiento de un material. Otro aspecto importante es que los resultados de la exploración geotécnica con el uso de perforaciones, o bien ensayos in situ, no solo se limita a indicar aspectos relevantes del medio para análisis de estabilidad de taludes, como se menciona en el texto, sino también aspectos de deformabilidad y capacidad de soporte del sitio. Lo aquí mencionado puede considerarse para cuando se indiquen las especificaciones de los trabajos que se deban realizar para los diseños finales.
- Sondeos geofísicos: lo indicado se considera adecuado, sobre todo porque este tipo de exploración genera información de la estratigrafía de una extensión de longitud importante, de allí que para un proyecto de obra vial se considere su uso puede ser de gran utilidad
- Ensayos de laboratorio: lo indicado se considera adecuado.
- Perfil geotécnico de diseño: lo indicado se considera adecuado.
- Capacidad de soporte: lo indicado se considera adecuado. Sin embargo, específicamente solo se mencionan los rellenos proyectados y las obras de retención, y no se observa lo que respecta a la capacidad soportante para puentes y otras estructuras especiales si se requiriesen. Lo aquí mencionado puede considerarse para cuando se indiquen las especificaciones de los trabajos que se deban realizar para los diseños finales.
- Análisis de estabilidad y diseño de taludes: lo indicado se considera adecuado, a excepción que no se indica que los factores de seguridad que se deben cumplir están establecidos en el Código Geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica. Lo aquí mencionado puede considerarse para cuando se indiquen las especificaciones de los trabajos que se deban realizar para los diseños finales.



II.3 Especificaciones

En cuanto a las especificaciones técnicas descritas en este documento, se revisa lo indicado en las secciones 204, 208, 209, 251, 255 y 256 contra lo establecido en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (CR-2010), como secciones principales, y las secciones 552, 601, 702.01, 704.01, 704.02, 704.03, 704.04, 704.06, 704.10, 704.13, 704.14, 704.15, 705.02, 712.02(e), 714.01, 722.02, 722.02(e), 725.01 y 725.22(e), como dependientes de las principales. El resultado de la revisión se muestra a continuación:

- Sección 204: Se encuentra tal cual lo indica la actualización de la sección 204 del CR-2010
- Sección 208: Se encuentra tal cual lo indica la sección 208 del CR-2010
- Sección 209: Se encuentra tal cual lo indica la actualización de la sección 209 del CR-2010
- Sección 251: Se encuentra tal cual lo indica la actualización de la sección 251 del CR-2010
- Sección 255: Se encuentra tal cual lo indica la actualización de la sección 255 del CR-2010
- Sección 256: Se encuentra tal cual lo indica la sección 256 del CR-2010
- Sección 552: Se encuentra tal cual lo indica la actualización de la sección 552 del CR-2010
- Sección 601: No se encuentra el texto en el documento elaborado por IDOM
- Subsección 702.01: Se encuentra tal cual lo indica la actualización de la subsección 702.01 del CR-2010
- Subsección 704.01: Se encuentra tal cual lo indica la subsección 704.01 del CR-2010
- Subsección 704.02: Se encuentra tal cual lo indica la subsección 704.02 del CR-2010
- Subsección 704.03: Se encuentra tal cual lo indica la subsección 704.03 del CR-2010
- Subsección 704.06: Se encuentra tal cual lo indica la subsección 704.04 del CR-2010
- Subsección 704.10: Se encuentra tal cual lo indica la subsección 704.10 del CR-2010
- Subsección 704.13: Se encuentra tal cual lo indica la actualización de la subsección 704.13 del CR-2010
- Subsección 704.14: Se encuentra tal cual lo indica la actualización de la subsección 702.14 del CR-2010
- Subsección 704.15: Se encuentra tal cual lo indica la actualización de la subsección 702.15 del CR-2010
- Subsección 705.02: Se encuentra tal cual lo indica la subsección 705.02 del CR-2010
- Subsección 712.02: Se encuentra tal cual lo indica la subsección 712.02 del CR-2010
- Subsección 714.01: Se encuentra tal cual lo indica la subsección 714.01 del CR-2010
- Subsección 722.02(e): Se encuentra tal cual lo indica la subsección 722.02 del CR-2010. Sin embargo, se considera recomendable contemplar para las especificaciones finales, que en Costa Rica no se produce comercialmente el cemento portland (cemento tipo 1) por lo que se considera conveniente que se cambie a cemento hidráulico y el experto en mezclas elija el tipo de cemento a convenir en sus lechadas.
- Subsección 725.01: Se encuentra tal cual lo indica la subsección 725.01 del CR-2010
- Subsección 725.22(e): Se encuentra tal cual lo indica la subsección 725.22(e) del CR-2010. Sin embargo, se considera recomendable contemplar para las especificaciones finales, que en Costa Rica no se produce comercialmente el cemento portland (cemento tipo 1) por lo que se considera conveniente que se cambie a cemento hidráulico y el experto en mezclas elija el tipo de cemento a convenir en sus morteros.

III. Revisión del documento Informe final: 01 – Memorias “Mecánica de suelos”

Se revisa el documento de memorias del Proyecto Integral del Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, Informe final: 01 – Memorias “Mecánica de suelos”, el cual contiene los aspectos relevantes de la geotecnia y la mecánica de suelos del proyecto, que fue elaborado en julio del año 2020, con revisión final el 30 de setiembre del 2021. A continuación, se muestra el resultado de dicha revisión.



III.1 Investigación recopilada y realizada

En el apartado 2.2 la empresa IDOM indica que realizó una recopilación de información de investigaciones realizadas con anterioridad a su participación en este proyecto. La información de la investigación realizada se encuentra en la tabla 1 del documento en revisión. Posteriormente, en la tabla 2 del documento, la empresa IDON muestra la propuesta de exploración y ensayos que realizará como parte de la investigación para el diseño del anteproyecto. Los resultados de esta revisión se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1 Resultado de la revisión de la exploración realizada para el proyecto

Sitio	Estación	Estudios anteriores		Propuesta IDOM
Puente río Torres	3+050 a 3+150	2 SPT 4 PERF	2 LIM 2 RQD	-
Zona Intercambio Circunvalación	3+700 a 3+900	2 SPT 3 PERF	3 LIM	-
Intercambio Juan Pablo II	3+900 a 4+880	5 SPT	4 LIM	1 MAM-4.3 DPSH-4.5
Puente Río Virilla	7+600	10 TRIN 4 SPT 2 PERF	2 RQD 2 GEOF	1 MAM-7.6
Intercambio PS Castella	7+900	3 PERF	2 LIM	DPSH-7.9
Paso Inferior	8+820		2 SPT	C-8.8
Anillo Periférico	8+400 a 8+450	3 PERF	2 LIM	MAM-8.4 DPSH-8.4
Paso Superior San Antonio Cariari	11+000		-	DPSH-11
Zona Paso Desnivelado Firestone	12+600 a 13+200	2 PERF	1 LIM	-
Intercambio INTEL	13+024 a 13+850		-	DPSH-13.8
Puente río Segundo	13+850 a 14+450	7 TRIN 5 PERF 2 RQD	3 SPT 2 LIM 2 GEOF	-
Intercambio río Segundo	15+600 a 15+650	3 COH 3 SPT 2 PERF	3 TRIN 2 LIM	MAM-15.6 DPSH-15.6
Intercambio Alajuela PI	17+250 a 17+350	2 COH 2 TRIN	4 PERF 2 LIM	MAM-17.3 DPSH-17.3
Puente río Ciruelas	18+000 a 18+850	3 TRIN 2 RQD	2 PERF 2 GEOF	-
Paso Superior Villa Bonita	18+800		-	DPSH-18.8 C-18.8
Intercambio San Antonio del Tejar.	20+600	2 PERF	1 LIM	DPSH-20.6 MAM-20.6
Intercambio Coyol	23+760 a 25+000	2 SPT	2 TRIN	SE-24.3 MAM-24-3
Puente Río Alajuela	26+751 a 26+796	3 PERF 2 GEOF	2 SPT 2 RQD	-
Intercambio Los Manolos	27+400		-	SE-27.4 MAM-27.4
Paso Inferior	28+800		-	DPSH-28.8 C-28.8



Sitio	Estación	Estudios anteriores		Propuesta IDOM
Puente Río Poas	29+300	8 PERF		MAM-29.2 PS-29.2 DPSH-29.2
Paso Inferior	30+300	-		C-30.3
Paso Superior	32+400	-		DPSH-32.4 C-32.4
Puente Río Rosales	33+200	9 PERF		MAM-33.2 PS-33.2 DPSH-33.2
Intercambio FANAL	33+435 a 34+825	1 TRIN	2 PERF	SE-34.0 MAM-34.0
Paso Inferior	34+900	-		DPSH-34.9 C-34.9
Paso Superior	35+180	2 PERF		SE-35.1 C-35.1
Intercambio Grecia	35+691 a 36+198	1 SPT 2 LIM	2 PERF 1 COH	MAM-35.6 DPSH-35.6
Puente Río Colorado	36+400	8 PERF		PS 36.3-1 PS 36.3-2 MAM 36.3
Intercambio Sarchí	40+800	2 PERF	2 LIM	MAM-40.7
Paso inferior	40+780	1 SPT		DPSH-43.8
Intercambio Naranjo	43+720 a 45+150	1 SPT	1 PERF 1 LIM	SE-44.3 MAM-44.3
Paso inferior	46+150	-		C-46.1
Paso inferior	47+600	-		DPSH-47.5
PI	48+680	-		DPSH-48.6 C-48.6
Puente Río Grande nº2	49+500	6 PERF		PS-39.5 DPSH-39.5 MAM-49.5
Intercambio río Grande	49+640 a 50+786	-		SE-50.0 MAM-50.0
Paso Superior	51+630	-		C-51.6 MAM-51.6
Intercambio Palmares	52+600	-		DPSH-52.8 C-52.8
Paso Inferior	56+200	-		DPSH-56.2
Puente Río Grande nº1	56+200	2 TRIN		SE-56.2 MAM-56.2
Intercambio San Ramón	56+840 a 57+885	2 PERF		DPSH-57



Sitio	Estación	Estudios anteriores		Propuesta IDOM
RADIAL SANTA ANA				
Puente río Virilla	3+650 a 3+780	5 PERF 2 RQD	1 GEOF 1 LIM	SE-R-3.6 MAM-R-3.7
Paso desnivel Calle Potrerillos	3+950 a 37+970	-	-	SE-R-3.9 C-R-3.9
Puente intersección Panasonic	5+200	-	-	SE-R-5.1 MAM-R-5.1
Intercambio paso desnivel Cañada	6+050	1 PERF	1 LIM	DPSH-R-6.0
Intercambio paso desnivel La Candela	6+640	1 PERF	1 LIM	DPSH-R-6.6
Puente río Segundo	6+900	2 PERF	-	SE-R-6.9 MAM-R-6.9

LIM: Límites de Atterberg, **PERF:** Perforación, **TRIN:** Trinchera, **COH:** Cohesión, **GEOF:** Geofísica

Nota: Algunas de las exploraciones fueron consideradas como perforaciones por falta de información en la identificación. Sin embargo, pudo haberse tratado de trincheras. Esto también sucede con las trincheras, que fueron consideradas así, pero pudo haberse tratado de perforaciones

La cantidad de exploración geotécnica se considera adecuada para la presentación del anteproyecto, considerando la realizada en estudios anteriores aunada a la realizada en la etapa de anteproyecto presentada en el informe que se está revisando. Sin embargo, para algunos casos y dependiendo de la complejidad geotécnica encontrada en cada sitio, puede ser que sea necesario realizar exploración adicional para determinar los parámetros mecánicos del material en cada sitio de estudio. Lo anterior se considera importante tenerlo presente ya que en la Tabla 1 se recolectó que solo dos puntos que cuentan con un valor asociado de parámetros de resistencia al corte (cohesión), y dependiendo del trabajo a realizar se puede requerir el ángulo de fricción o el módulo de deformabilidad de los materiales.

Al revisar lo indicado en el apartado 3.3 del informe de la empresa IDOM, se observa que se realizaron 63 ensayos en su mayoría para clasificación SUCS de los materiales, pero solamente se cuenta con 11 cortes directos y 4 consolidaciones para determinar los asentamientos para todo el trazado del proyecto. Es por ello que se considera importante contemplar para los diseños finales realizar una cantidad mayor de ensayos para determinar parámetros de resistencia al corte y deformabilidad, en especial para las obras que se proyecta construir.

Es importante anotar que se cuenta con 12 perforaciones de SPT de las que se puede obtener indirectamente la capacidad de soporte del sitio o bien de alguna manera los parámetros de resistencia al corte. Sin embargo, como se comentó anteriormente, para el diseño final puede ser que se requiera profundizar en la determinación de dichos parámetros.

Algunos de los sitios que requirieron de una mayor atención se tratarán más adelante en este informe, pues forman parte de la revisión realizada.

III.2 Geología

En cuanto a la determinación de la geología, tanto regional como local, se considera que la información suministrada en el apartado 4 del informe final, es adecuada para complementar la información obtenida de la exploración geotécnica realizada y así establecer los modelos geológico-geotécnicos de cada sitio.

Como se comentó anteriormente, es posible que para el diseño final de los trabajos que se deban realizar en algunas zonas, se deba profundizar más en exploración geotécnica, no así en materia geológica pues la información se considera adecuada.



Con respecto a la tectónica que se puede encontrar a lo largo del proyecto, la descripción de las fallas encontradas en el trazado es adecuada. Sin embargo, es importante que se muestre la metodología específica de Wells & Coppersmith empleada para determinar la magnitud máxima esperada en cada falla si se produjese un evento.

En cuanto a la sismicidad de la zona del proyecto, la determinación de la zona III en la que se encuentran los sitios analizados es adecuada. En cuanto a los tipos de sitio geotécnico de cada punto de estudio, se considera adecuado tomar los resultados de los ensayos MAM realizados en la campaña adicional planteada por la empresa IDOM, para determinar esta clasificación. No obstante, es importante destacar que no todos los sitios de estudio tienen un ensayo MAM planteado para determinar la velocidad de onda del sitio y con ello correlacionarlo con el tipo de sitio geotécnico. Los puntos “Puente río Segundo”, “Puente río Ciruelas” y “Puente río Alajuela” cuentan con ensayos geofísicos realizados en campañas de investigación anteriores, por lo que de estos sitios es posible determinar la clasificación del suelo para la sismicidad. Sin embargo, los sitios “Puente río Torres”, “Zona Intercambio Circunvalación”, “Intercambio PS Castilla”, “Paso Inferior 8+200”, “Paso Superior San Antonio Cariari”, “Intercambio INTEL”, “Paso Superior Villa Bonita”, “Paso Inferior 28+800”, “Paso Inferior 30+300”, “Paso Superior 32+400”, “Paso Inferior 34+900”, “Paso Superior 35+180”, “Paso Inferior 40+780”, “Paso Inferior 46+150”, “Paso Inferior 47+600”, “PI 48+680”, “Intercambio Palmares”, “Paso Inferior 56+200”, “Intercambio San Ramón”, “Paso desnivel Calle Potrerillos”, “Intercambio paso desnivel Cañada” e “Intercambio paso desnivel La Candela” no cuentan con ensayos que faciliten la velocidad de onda del medio como metodología para determinar el tipo de sitio geotécnico, por lo que el responsable del diseño final deberá determinar esta tipología para considerar la sismicidad en cada punto.

Por último, en cuanto a las condiciones geotécnicas indicadas por la empresa IDOM, se consideran adecuadas las descripciones, solo que para el efecto de licuación hubiese sido deseable que profundizaran algo más que en la revisión bibliográfica, pues cuentan con información útil para aplicar alguna metodología como por ejemplo, aplicar la metodología de Seed & Idriss con la información de los ensayos de SPT, o bien, la metodología de la carta de plasticidad modificada de Idriss et al, utilizando los valores de límites de Atterberg y humedad natural de los sitios.

III.3 Caracterización geotécnica y propuesta de cimentación de cada sitio

En cuanto a la caracterización geotécnica en general, descrita en el apartado 5 del informe final. La información mostrada se despliega en inicialmente la caracterización general en el trazado del proyecto y posteriormente, se hace una descripción de las unidades encontradas en cada sitio. A continuación, se muestra la revisión que se realizó para ambas consideraciones.

III.3.1 Caracterización geotécnica general

En el apartado 5.1 del informe final, la empresa IDON muestra una correlación de las características encontradas de los materiales con los tipos de unidades geológicas encontradas de manera generalizada a lo largo del trazado del proyecto. Esto se muestra en la Tabla 2. Adicionalmente, en esta tabla se introducen unidades propias de algunos sitios específicos.



Tabla 2 Unidades geológicas encontradas en el proyecto

Unidad	Símbolo	Breve descripción
Cenizas finas a gruesas Fragmentos de roca Limos arcillosos y arenosos Arcillas grises	QVtf 	Se desarrollan espesores de limos arcillosos y limos arenosos entre 1.5 a 5 m, con presencia de arcillas grises expansivas de espesores entre 1 a 1.5 m. Se consideran de baja capacidad de soporte. Se encuentran subyacidos por depósitos de lahares que pueden ser ripeables, erosionables y alterables. Poseen capacidad de soporte de media a alta. Se recomienda cimentar en ellos.
Limos arcillosos y arenosos Aglomerados y brechas Lahares facies gruesa	QVI 	Limos arcillosos y arenosos con fragmentos de roca. Los espesores son entre 2 a 4 m. Los lahares son moderadamente alterables y no son fácilmente ripeables. Presentan una alta capacidad de soporte en la facies gruesa.
Cenizas finas y gruesas Escorias andesítico-basálticas Limos arcillosos y arenosos Tobas	QVtf + QVI (QVz) 	Son depósitos de ceniza que generan espesores de limos entre 3 a 8 m. En algunas zonas se encuentran bloques de escoria. Estos materiales sobreyacen las tobas. Son materiales ripeables, fácilmente erosionables y alterables. Poseen una capacidad de soporte de baja a media.
Tobas Cenizas Fragmentos de escorias andesítico-basálticas	QVz 	Se trata de tobas de 20 a 25 m de espesor, que se encuentran débilmente soldadas por lo que generan espesores de suelos limo arcillosos entre 3 a 5 m. En zonas poco alteradas la capacidad de soporte puede ser entre media y alta, pero en las zonas altas que son las alteradas la capacidad de soporte es baja.
Fluvio-lacustre	Tpq(lc) 	Se trata de materiales de origen sedimentario por lo que se pueden encontrar conglomerados, intercalaciones de areniscas y lutitas, que generalmente se encuentran alteradas.
Pómez con biotita y hornblenda	Tp(bh) 	Se trata de flujos piroclásticos que son ricos en pómez.
Tobas con líticos	Ttl 	Se trata de tobas consolidadas que subyacen a la formación fluvio-lacustre.
Lavas	Qv4 	Son flujos andesíticos y andesítico-basálticos. Subyacen a la formación QVz.
Rocas volcánicas antiguas	TQv 	Son lavas basálticas intruidos por diques y lahares.
Rellenos antrópicos	RE-S 	Compuestos por desechos sólidos, material orgánico y clastos. No poseen plasticidad y son de permeabilidad media.
Suelos de color café muy compactos	Qsc 	Suelos de color café. Compuestos por limos arenosos o limos arcillosos.
Suelo orgánico	SO 	Material altamente compresible.
Suelos aluviales	Av 	Compuestos por suelo y partículas de aluvión.



Unidad	Símbolo	Breve descripción
Ignimbritas de formación Tiribí	Qv3 	Ignimbritas con matriz arenosa color gris a negro. Pueden tener espesores de 6 a 10 m.
Suelos coluviales	Cv 	Coluviones arenosos con grava.
Arcillas	Qsa 	Suelo arcilloso de baja plasticidad.
Arenas	Ar 	Suelo arenoso.

Con las descripciones dadas en la Tabla 2, se puede observar que se trata meramente de un contexto geológico. Para finalmente realizar los diseños de las obras correspondientes en cada sitio, se debe a su vez establecer las características geotécnicas que son las requeridas para este tipo de trabajos. Es por ello, que se revisa en detalle las descripciones dadas en los apartados 5.2, 7.7 y 7.8, así como en los documentos anexos para determinar si las características geotécnicas de los sitios son suficientes para generar los diseños de las obras requeridas.

Un aspecto importante ha destacar es que muchas de las descripciones y tipos de material encontrados en cada sitio en específico e indicadas en el apartado 5.2, no coincidían con la descripción general que se indicó en el apartado 5.1, por lo que en algunos casos se tuvo que adaptar la información para que coincidiera con lo descrito en la Tabla 2 del presente informe.

III.3.2 Caracterización geotécnica en cada sitio de estudio

Se procede a realizar una revisión de la información mostrada en el apartado 5.2 del informe final de la empresa IDOM, contrarrestándola con la información de las recomendaciones de cimentaciones de estudios anteriores mostrada en el apartado 7.7 y las nuevas recomendaciones generadas de la investigación adicional propuesta por la empresa IDOM descrita en el apartado 7.8. Esta revisión se resume a continuación:

CORREDOR PRINCIPAL

- Puente río Torres (3+050 a 3+150)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 3. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Puente Torres   	3+534	3+530	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Margen derecha:</i> Profundidad a 11 m con $q_{adm}= 25 \text{ T/m}^2$ o a 13 m con $q_{adm}= 250 \text{ T/m}^2$ • <i>Margen izquierda:</i> Profundidad a 3 m o a 10 m con $q_{adm}= 250 \text{ T/m}^2$ 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profunda, de 1.5 m de diámetro. No se indica longitud de desplante, pero se indica que se debe empotrar 3 m en roca y se muestra capacidad de soporte calculada hasta 17 m.

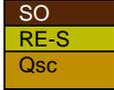


Ambas propuestas parecen adecuadas. Sin embargo, se considera prudente decidir por el nivel de cimentación para el diseño final basándose en la información suministrada por la empresa IDOM ya que muestra en el informe el cálculo realizado y porque dependiendo de lo que se encuentre en sitio al momento de la construcción, así se podría decidir el nivel de desplante.

- Zona Intercambio Circunvalación (3+700 a 3+900)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 4. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Puentes Intercambio circunvalación 	3+920	3+780	<ul style="list-style-type: none"> • P49: Superficial a 1.5 m con $q_{adm}= 30$ T/m² • P50 y P51: Superficial a 1 m con $q_{adm}= 15$ a 25 T/m² 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profunda de 0.8 m y 1.2 de diámetro. No se indica longitud de desplante, pero se muestra la capacidad de soporte calculada hasta 29 m.

Ambas propuestas parecen adecuadas. Sin embargo, se considera prudente decidir por el nivel de cimentación para el diseño final basándose en la información suministrada por la empresa IDOM ya que muestra en el informe el cálculo realizado y porque dependiendo de lo que se encuentre en sitio al momento de la construcción, así se podría decidir el nivel de desplante.

- Intercambio Juan Pablo II (3+900 a 4+880)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 5. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Puente Juan Pablo II 	4+500	4+500	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profundidad de desplante de 4.5 m con $q_{adm}= 18$ T/m². Como alternativa 6 m y $q_{adm}= 25$ T/m². 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profundidad de desplante en capas 2 y 3. Como alternativa en capa 4.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Puente Río Virilla (7+600)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 6. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios



anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Puente río Virilla Av QVft	7+650	7+650	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Margen derecha:</i> Profundidad a 5 m con $q_{adm}= 30$ T/m² o a 10 m con $q_{adm}= 60$ T/m² • <i>Margen izquierda:</i> Profundidad a 6 m $q_{adm}= 50$ T/m² 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profunda, solo que no se muestra ni la longitud de los pilotes ni la capacidad de soporte. Se recomienda que la longitud de empotramiento sea 6 veces el diámetro del pilote

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Paso Superior Castella (7+992)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la

Tabla 7. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la

Tabla 7.

Tabla 7 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Paso Superior Castella Qsc QVft	7+992	7+992	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profundidad de desplante de 1 y 3 m con $q_{adm}= 7$ y 12 T/m². 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profundidad de desplante en capa 2, si se trata de una cimentación superficial. Si es una cimentación profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Anillo Periférico (8+400)

En este sitio de estudio, el modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 en los estudios anteriores se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual se muestra en la Tabla 9.



Tabla 8 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Anillo periférico	8+820	-	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Estructuras livianas profundidad de desplante 2 m con $q_{adm} = 5 \text{ T/m}^2$. Estructuras importantes profundidad de desplante entre 7 m con $q_{adm} = 25 \text{ T/m}^2$. 	-

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares.

- Paso Inferior (8+800)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 9. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Paso Superior Castella Qsc QVft	8+820	8+820	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profundidad de desplante entre 2 y 7 m con $q_{adm} = 25 \text{ T/m}^2$. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profundidad de desplante en capa 2, si se trata de una cimentación superficial. Si es una cimentación profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Zona Paso Desnivelado Firestone (12+600 a 13+200)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 10. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 10.



Tabla 10 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Paso desnivelado Firestone <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">RE-S</div> <div style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">Qsc</div> <div style="background-color: #A9A9A9; padding: 2px;">QVI</div> </div>	12+830	12+830	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Estructuras livianas profundidad de desplante 1.5 m con $q_{adm}= 5$ T/m². Estructuras importantes profundidad de desplante entre 8 y 9.5 m con $q_{adm}= 30$ T/m². 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profunda con pilotes de 0.8 m de diámetro. No se indica una longitud de pilotes específica y se muestra la capacidad de soporte por metro de pilote.

Ambas propuestas parecen adecuadas. Sin embargo, se considera prudente decidir por el nivel de cimentación para el diseño final basándose en la información suministrada por la empresa IDOM ya que muestra en el informe el cálculo realizado y porque dependiendo de lo que se encuentre en sitio al momento de la construcción, así se podría decidir el nivel de desplante.

- Intercambio INTEL (13+024 a 13+850)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 11. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Paso Superior INTEL <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="background-color: #FFD700; padding: 2px;">Qsc</div> <div style="background-color: #A9A9A9; padding: 2px;">QVI</div> </div>	-	13+800	-	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profundidad de desplante en capa Qv1, si se trata de una cimentación superficial. Si es una cimentación profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Puente Río Segundo (13+850 a 14+450)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 12. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 12.



Tabla 12 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Puentes Río Segundo 	14+100	13+850	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Margen derecha:</i> Profundidad a 6 a 7 m con $q_{adm}=300 \text{ T/m}^2$ • <i>Pila:</i> Profundidad a 3 m con $q_{adm}=400 \text{ T/m}^2$ • <i>Margen izquierda:</i> Profundidad a 3 m $q_{adm}=30 \text{ T/m}^2$. Alternativa profundidad de lavas con $q_{adm}=300 \text{ T/m}^2$ 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profundidad de desplante en capas Qv1-L.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Intercambio Aeropuerto (14+450 a 14+920)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 13. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Intercambio Aeropuerto 	17+300	17+320	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Estructuras livianas profundidad de desplante 1 m con $q_{adm}=5 \text{ T/m}^2$. Estructuras importantes profundidad de desplante 2.5 m con $q_{adm}=25 \text{ T/m}^2$. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes y ambas estructuras:</i> Profundidad de desplante en capa Qv1, si se trata de cimentación superficial. Si es una cimentación profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Anillo Periférico (15+520)

En este sitio de estudio, el modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 en los estudios anteriores se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual se muestra en la Tabla 14.



Tabla 14 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Anillo periférico	8+820	-	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Estructuras livianas profundidad de desplante 2 m con $q_{adm}= 5 \text{ T/m}^2$. Estructuras importantes profundidad de desplante 6 m con $q_{adm}= 25 \text{ T/m}^2$. 	-

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares.

- Puente Río Ciruelas (18+000 a 18+850)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 15. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta					
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM				
Puente Río Ciruelas <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td style="background-color: #d3d3d3;">Av</td></tr> <tr><td style="background-color: #ffff00;">RE-S</td></tr> <tr><td style="background-color: #ffff00;">Qsc</td></tr> <tr><td style="background-color: #d3d3d3;">QVI</td></tr> </table>	Av	RE-S	Qsc	QVI	17+977	18+420	<ul style="list-style-type: none"> • Margen derecha: Profundidad a 1 m con $q_{adm}= 30 \text{ T/m}^2$. Alternativa profundidad de 5.5 m con $q_{adm}= 50 \text{ T/m}^2$. • Margen izquierda: Profundidad a 2 m $q_{adm}= 30 \text{ T/m}^2$. Alternativa profundidad de 8.5 m con $q_{adm}= 300 \text{ T/m}^2$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profunda con pilotes de 0.8 m de diámetro. No se indica una longitud de pilotes específica y se muestra la capacidad de soporte por metro de pilote.
Av								
RE-S								
Qsc								
QVI								

Ambas propuestas parecen adecuadas. Sin embargo, se considera prudente decidir por el nivel de cimentación para el diseño final basándose en la información suministrada por la empresa IDOM ya que muestra en el informe el cálculo realizado y porque dependiendo de lo que se encuentre en sitio al momento de la construcción, así se podría decidir el nivel de desplante.

- Paso Superior Villa Bonita (18+800)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 16. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 16.



Tabla 16 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Paso superior Villa Bonita 	-	18+800	-	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profundidad de desplante en capa 2, si se trata de una cimentación superficial. Si es una cimentación profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Intercambio San Antonio del Tejar (20+600)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 17. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Intercambio San Antonio del Tejar 	20+600	20+680	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Estructuras livianas profundidad de desplante 1.5 m con $q_{adm}= 5$ T/m². Estructuras importantes profundidad de desplante 3 m con $q_{adm}= 12$ T/m². 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Intercambio Coyoil (23+760 a 25+000)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 18. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Intercambio Coyoil	-	24+400	-	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes:



RE-S
QVI
Qv4

Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Puente Río Alajuela (26+751 a 26+796)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 19. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta					
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM				
Puente Río Alajuela <table border="1"> <tr><td>Av</td></tr> <tr><td>RE-S</td></tr> <tr><td>Qsc</td></tr> <tr><td>Qv3</td></tr> </table>	Av	RE-S	Qsc	Qv3	26+500	26+550	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Margen derecha:</i> Profundidad a 5 m con $q_{adm} = 15 \text{ T/m}^2$. • <i>Margen izquierda:</i> Profundidad a 3 m $q_{adm} = 15 \text{ T/m}^2$. Alternativa profundidad de 6 m con $q_{adm} = 25 \text{ T/m}^2$ 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profunda, se recomienda que la longitud de empotramiento sea 6 veces el diámetro del pilote, con pilotes de 0.8 m de diámetro. No se indica una longitud de pilotes específica y se muestra la capacidad de soporte por metro de pilote.
Av								
RE-S								
Qsc								
Qv3								

Ambas propuestas parecen adecuadas. Sin embargo, se considera prudente decidir por el nivel de cimentación para el diseño final basándose en la información suministrada por la empresa IDOM ya que muestra en el informe el cálculo realizado y porque dependiendo de lo que se encuentre en sitio al momento de la construcción, así se podría decidir el nivel de desplante.

- Paso Inferior (28+800)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 20. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta				
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM			
Paso Inferior <table border="1"> <tr><td>SO</td></tr> <tr><td>QVI</td></tr> <tr><td>QVtf</td></tr> </table>	SO	QVI	QVtf	-	28+800	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.
SO							
QVI							
QVtf							

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.



- Puentes Río Poás (29+300)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 21. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Puentes Río Poás <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="background-color: #cccccc; padding: 2px;">Qv1</div> <div style="background-color: #f4a460; padding: 2px;">Qvz</div> <div style="background-color: #8b4513; padding: 2px;">Qv4</div> </div>	29+280	29+280	Solo se muestra una fotografía de datos históricos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profunda, solo que no se muestra ni la longitud de los pilotes ni la capacidad de soporte. Se recomienda que la longitud de empotramiento sea 6 veces el diámetro del pilote

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Paso Inferior (30+300)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 22. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Paso Inferior <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="background-color: #f4a460; padding: 2px;">Qsc</div> <div style="background-color: #cccccc; padding: 2px;">Qvtf</div> </div>	-	30+300	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Puentes Río Rosales (33+200)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 23. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 23.



Tabla 23 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Puentes Río Rosales 	33+220	33+220	Solo se muestra una fotografía de datos históricos	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profunda, solo que no se muestra ni la longitud de los pilotes ni la capacidad de soporte. Se recomienda que la longitud de empotramiento sea 6 veces el diámetro del pilote

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Intercambio FANAL (33+435 a 34+825)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 24. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Intercambio FANAL 	34+028	34+028	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Estructuras livianas profundidad de desplante 1.5 m con $q_{adm}= 5$ T/m². Estructuras importantes profundidad de desplante 3 m con $q_{adm}= 12$ T/m². 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profundidad de desplante en capas Qs.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Paso Inferior (34+900)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 25. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM



Paso Inferior

Qsc
QVtf

- 34+910 -

- **Ambas márgenes:**
Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Paso Superior (35+180)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 26. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada			Cimentación propuesta				
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM				
Paso Superior								
<table border="1"><tr><td>QVI</td></tr><tr><td>Qsc</td></tr><tr><td>QVtf</td></tr></table>	QVI	Qsc	QVtf	-	35+700	-	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m. 	
QVI								
Qsc								
QVtf								

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Intercambio Grecia (35+691 a 36+198)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 27. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada			Cimentación propuesta				
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM				
Intercambio Grecia								
<table border="1"><tr><td>QVI</td></tr><tr><td>Qsc</td></tr><tr><td>QVtf</td></tr></table>	QVI	Qsc	QVtf	35+700	35+700	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profundidad de desplante entre 1.5 y 4 m con $q_{adm} = 12$ y 30 T/m². 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m. 	
QVI								
Qsc								
QVtf								

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Puente Río Colorado (36+400)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 28. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 en la propuesta de



trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada			Cimentación propuesta
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Puente Río Colorado QVz Qv4	-	36+300	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profunda, solo que no se muestra ni la longitud de los pilotes ni la capacidad de soporte. Se recomienda que la longitud de empotramiento sea 6 veces el diámetro del pilote

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Paso inferior (37+700)

En este sitio de estudio, el modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada			Cimentación propuesta
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Paso Inferior	-	37+700	-	Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Paso inferior (39+700)

En este sitio de estudio, el modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada			Cimentación propuesta
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Paso Inferior	-	39+700	-	Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.



En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Intercambio Sarchí (40+800)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 31. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Intercambio Sarchí Qsc QVtf	40 + 800	40+800	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Margen norte:</i> Profundidad a 2 m con $q_{adm}= 6$ T/m² y 8 m con $q_{adm}= 25$ T/m² • <i>Margen sur:</i> Profundidad a 1.5 m con $q_{adm}= 20$ T/m² y 7 m con $q_{adm}= 12$ T/m² • <i>Ambas márgenes:</i> Alternativa sustitución o pilotes de 10 m 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profundidad de desplante en capa 2, si se trata de una cimentación superficial. Si es una cimentación profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Paso inferior (39+700)

En este sitio de estudio, el modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Paso Inferior	-	41+300	-	Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Intercambio Naranja (43+720 a 45+150)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 33. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios



anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Intercambio Naranja Qsc QVtf	44+300	44+300	<ul style="list-style-type: none"> Ambas márgenes: Profundidad de desplante entre 1 y 5 m con $q_{adm} = 15$ y 30 T/m^2. 	<ul style="list-style-type: none"> Ambas márgenes: Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Paso inferior (46+150)

En este sitio de estudio, el modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Paso Inferior	-	46+150	-	Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Paso inferior (47+560)

En este sitio de estudio, el modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Paso Inferior	-	47+560	-	Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.



En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Paso inferior (48+680)

En este sitio de estudio, el modelo geotécnico determinado en el apartado 7.8 la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Paso Inferior	-	48+680	-	Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Puente Río Grande nº2 (49+500)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 37. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 37.

Tabla 37 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Puente Río Grande nº2 	49+550	49+550	Solo se muestra una fotografía de datos históricos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Intercambio río Grande (49+640 a 50+786)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 38. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 38.



Tabla 38 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada			Cimentación propuesta
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Intercambio río Grande Qsa Ar	-	49+971	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Intercambio Palmares (52+600)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 39. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 39.

Tabla 39 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada			Cimentación propuesta
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Intercambio Palmares Qsa Ar	-	52+640	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profundidad de desplante en capa 2, si se trata de una cimentación superficial. Si es una cimentación profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Puente Río Grande nº1 (56+200)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 40. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada			Cimentación propuesta
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM



Puente Río Grande nº1

Qsa
Ar

56+240

56+240

Solo se muestra una fotografía de datos históricos

- **Ambas márgenes:** Profunda, se adjuntan los cálculos para la capacidad de soporte de pilotes de 0.9 m, 1.2 m y 1.5 m.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

- Intercambio San Ramón (56+840 a 57+885)

En este sitio de estudio, la empresa IDOM indica que se encuentran las unidades geotécnicas mostradas en la Tabla 41. Con respecto al modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 y 7.8, tanto en estudios anteriores como en la propuesta de trabajo realizada por la empresa IDOM, se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual también se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Paso desnivelado Intercambio San Ramón QVtf + QVI (QVz)	57+400	57+690	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profundidad de desplante de 2 m con $q_{adm} = 25 \text{ T/m}^2$. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas márgenes: Profunda con pilotes de 0.8 m de diámetro. No se indica una longitud de pilotes específica y se muestra la capacidad de soporte por metro de pilote.

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares por lo indicado por la empresa IDOM.

RADIAL

- Puente Río Virilla (Radial - 3+700)

En este sitio de estudio, el modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 en los estudios anteriores se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual se muestra en la Tabla 42.

Tabla 42 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Río Virilla (Radial)	3+700	-	<ul style="list-style-type: none"> • Margen derecha: Profundidad a 1 m con $q_{adm} = 200 \text{ T/m}^2$ • Margen izquierda: Profundidad a 12.5 m con $q_{adm} = 200 \text{ T/m}^2$ 	-

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares.



- Intersección calle Cañada (Radial - 6+040)

En este sitio de estudio, el modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 en los estudios anteriores se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual se muestra en la Tabla 43.

Tabla 43 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Intersección calle Cañada	6+040	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profundidad de desplante de 2 m con $q_{adm} = 10 \text{ T/m}^2$. 	-

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares.

- Intersección calle Candela (Radial - 6+760)

En este sitio de estudio, el modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 en los estudios anteriores se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual se muestra en la Tabla 44.

Tabla 44 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Intersección calle Candela	6+760	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ambas márgenes:</i> Profundidad de desplante de 2 m con $q_{adm} = 10 \text{ T/m}^2$. 	-

En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares.

- Puente Río Segundo (Radial - 6+975)

En este sitio de estudio, el modelo geotécnico determinado en el apartado 7.7 en los estudios anteriores se determina la propuesta de cimentación para la obra planificada en este punto de estudio, la cual se muestra en la Tabla 45.

Tabla 45 Comparación de cimentaciones propuestas

Sitio	Estación indicada		Cimentación propuesta	
	Estudios anteriores	IDOM	Estudios anteriores	IDOM
Río Segundo (Radial)	6+975	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Margen derecha:</i> Profundidad a 1 a 3.5 m con $q_{adm} = 9 \text{ a } 11.6 \text{ T/m}^2$ • <i>Margen izquierda:</i> Para estructuras livianas l profundidad a 1.5 a 2 m con $q_{adm} = 10 \text{ T/m}^2$. Para estructuras importantes a 3.5 m con $q_{adm} = 25 \text{ T/m}^2$. Para 	-



En este caso, se considera recomendable para los diseños finales realizar el cálculo adecuado tanto de capacidad de soporte como de deformabilidad del sitio pues los cálculos mostrados en este informe parecieran ser preliminares.

Es importante destacar que en la mayoría de los casos en que tanto en estudios anteriores como la empresa IDOM realizan propuestas para las cimentaciones, estas no parecen estar del todo resueltas, sobre todo porque puede ser que no se cuente con la suficiente información para determinar la capacidad de soporte del medio o bien que se realizan ensayos indirectos que no muestran el panorama completo de cada sitio para establecer contundentemente el tipo de cimentación. Es por ello que se considera importante hacer hincapié en que para los diseños finales, se deben realizar cálculos adicionales e inclusive contemplar la realización de ensayos complementarios que permitan conocer más a fondo el comportamiento de los materiales para establecer la cimentación final y óptima para la obra a construir.

Por último, en el apartado 5.2 del informe final de IDOM, se cuenta con la descripción geotécnica de los sitios:

- Paso Superior San Antonio Cariari en la estación 11+000
- Intercambio Manolos en la estación 27+400
- Paso Superior en la estación 32+400

Sin embargo, no se encuentra la propuesta de cimentación en el apartado 7.7 de estudios anteriores ni en el apartado 7.8 de propuestas por parte de la empresa IDOM. Se considera recomendable solicitar la aclaración de la razón por la cual no se está proponiendo una rehabilitación o una nueva propuesta en estos sitios.

III.4 Análisis de estabilidad

Al revisar el apartado 6.2 del informe final de la empresa IDOM, se observa que se realiza un estudio de taludes en corte y en relleno, para cada uno de ellos tiene condiciones generales, pero distintas entre sí. A continuación, se muestra el resultado de la revisión para cada una de las condiciones contempladas.

III.4.1 Análisis de taludes en corte

En el informe de la empresa IDOM se indica que se cuenta con 4 taludes con alturas entre 0 y 5 m, 23 taludes con alturas entre los 5 y 10 m, 8 taludes con alturas entre 10 y 15 m, 2 taludes con alturas entre 15 y 20 m, igualmente 2 taludes con alturas entre 20 a 25 m, y por último un talud con una altura entre 25 y 30 m, por supuesto que todos ellos se encuentran conformados por los suelos que se encuentran en cada zona donde se ubican.

De manera generalizada, se considera que los taludes se diseñan con pendientes máximas entre 33° a 45°, dependiendo del tipo de material. En este caso, la empresa IDOM después de realizar los inventarios de taludes, consideran que se debe prestar una atención particular a los taludes de 9 estacionamientos que se comentarán más adelante. Para el resto de los taludes se realiza un análisis utilizando la columna estratigráfica generalizada mostrada en la Figura 1.

Adicionalmente, se observa que, para establecer la premisa de la influencia del agua para el análisis de estabilidad de los taludes en corte, se realiza un estudio de la hidrogeología de la zona mediante la instalación piezómetros para medir el nivel freático, y no se considera el agua de lluvia pues se asume que existirá un adecuado manejo de aguas de escorrentía superficial. Lo anterior se considera adecuado, sin embargo, puede resultar conveniente realizar un análisis adicional contemplando la influencia del agua de lluvia sobre el talud, pues es conocido que esta condición es la que genera mayores emergencias durante

la mayor parte del año. También es importante contemplar que esta condición analizada, va a requerir durante su operación un mantenimiento constante del estado de los sistemas de manejo de agua de escorrentía superficial y del sistema de drenajes instalado, práctica que no es común en Costa Rica.

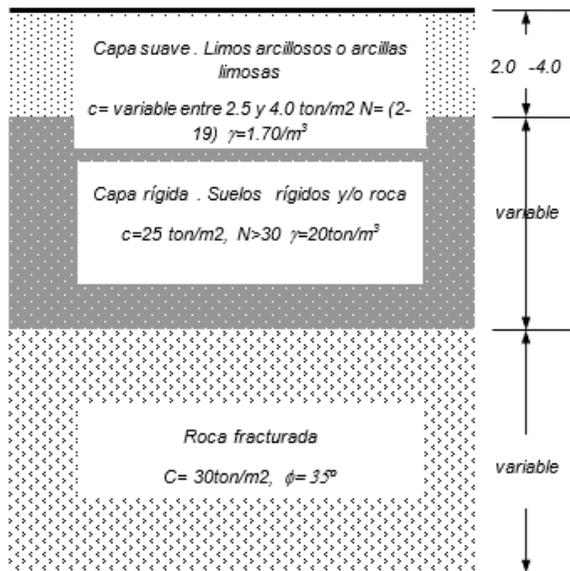


Figura 1 Columna estratigráfica general para análisis de estabilidad de taludes

Con base en estas premisas, se realiza un análisis de estabilidad generalizado a lo largo del proyecto, tanto para la condición estática como la pseudoestática. Para esta última condición, y según la definición de zona sísmica y tipos de sitio descritos en el apartado III.2, el valor del coeficiente pseudoestático elegido es de 0.2g. Esto se considera adecuado.

Para este tipo de proyecto, según su grado de riesgos económicos y de pérdidas de vida, descritos en la tabla 3 del Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica, la empresa IDOM ha definido los valores de factor de seguridad para dos condiciones de análisis: a corto y largo plazo. Los valores de los factores de seguridad se muestran en la Tabla 46. Estos se consideran adecuados.

Tabla 46 Factores de seguridad elegidos para el análisis de estabilidad

Corto plazo		Largo plazo	
Estática	Pseudoestática	Estática	Pseudoestática
1.3	> 1.0	1.5	1.1

El resultado del talud generalizado con la columna estratigráfica mostrada en la Figura 1, así como contemplando que la altura promedio en la que se conformarán los taludes es de máximo 10 m, es que el talud se encuentra estable. Vale la pena destacar que la metodología elegida para realizar estos análisis es la de Morgenstern-Price, que es una de las más completas en los análisis de los métodos de equilibrio límite. Por lo tanto, este análisis se considera adecuado. A continuación, se comentará acerca de los análisis realizados para cada estacionamiento que se consideró especial.

- Río Torres e Intercambio de circunvalación (0+160 a 3+900)



Se analizan taludes de 33° de pendiente y el perfil más crítico se considera en el estacionamiento 0+160. Los resultados del análisis en condición estática y pseudoestática, tanto para corto como largo plazo son mayores que lo indicado en la Tabla 46 y por lo tanto, cumplen. Estos análisis se consideran adecuados.

Adicionalmente, se hace un análisis en el estacionamiento 3+650, con propiedades de materiales diferentes a las generalizadas, ya que indican que se ha observado que tienden a degradarse en un tipo MH-ML. Para esta configuración, no cumple con el factor de seguridad el talud con la condición pseudoestática a largo plazo. A este respecto lo indicado en el informe final de la empresa IDOM tiene un error por lo confunden con la condición de corto plazo. El análisis realizado con condiciones de campo observadas para justificar que es posible que se esté trabajando de manera conservadora se considera adecuado.

- Intercambio Juan Pablo II (3+900 a 4+800)

En este caso, lo que se pretende es cortar los taludes a una pendiente máxima de 45°. Los taludes actualmente tienen una pendiente entre los 56° a 60°, por lo que considerar los taludes de corte estables se considera adecuado, a pesar de que no se realizara el análisis de estabilidad correspondiente. Cabe señalar que si se llegase a encontrar una condición distinta a la observada cuando se realizó este estudio, es posible que sea necesario realizar el análisis de estabilidad.

- Conector barreal y peaje Los Arcos (8+000 a 9+300)

Se analizan taludes de 33° de pendiente y el perfil más crítico se considera en el estacionamiento 9+300. Los resultados del análisis en condición estática y pseudoestática, para corto plazo (que fue la única condición que se analizó) son mayores que lo indicado en la Tabla 46 y, por lo tanto, cumplen. Estos análisis se consideran adecuados. No se tiene clara la razón por la cual no se realizó el análisis a largo plazo, por lo que se considera conveniente solicitar la aclaración.

- Corredor Firestone – Ciruelas: Inter – Aeropuerto (12+600 a 18+850)

En este caso, lo que se pretende es cortar los taludes a una pendiente máxima de 33°, con bermas cuando se trata de taludes de alturas superiores a los 8 m. Los taludes actualmente tienen una pendiente entre los 45° a 50°, y por lo que se observa en la figura del talud en el estacionamiento 13+940, que presenta la mayor altura de los taludes en la zona, se puede considerar que los taludes de corte son estables, a pesar de que no se realizara el análisis de estabilidad correspondiente. Cabe señalar que si se llegase a encontrar una condición distinta a la observada cuando se realizó este estudio, es posible que sea necesario realizar el análisis de estabilidad.

Las observaciones realizadas por la empresa IDOM acerca de los taludes que se conformen en materiales MH-ML se consideran acertadas.

- Intercambio Coyoil (23+760 a 25+000)

En este caso, lo que se pretende es cortar los taludes a una pendiente máxima de 45°. Los taludes actualmente tienen una pendiente entre los 45° a 50°, por lo que considerar los taludes de corte estables se considera adecuado, a pesar de que no se realizara el análisis de estabilidad correspondiente. La condición más crítica de conformación de taludes se indica se encuentra en el estacionamiento 24+320, con una altura de 4.6 m. Cabe señalar que si se llegase a encontrar una condición distinta a la observada cuando se realizó este estudio, es posible que sea necesario realizar el análisis de estabilidad.

Las observaciones realizadas por la empresa IDOM acerca de los taludes que se conformen en materiales MH-ML se consideran acertadas.

- Intercambio FANAL (33+434 a 34+825)



Para este tramo, se considera que las estaciones 33+620 y 33+820 son las que muestran las condiciones más críticas de los taludes encontrados en esta zona. Dado que se cuenta con taludes naturales con pendientes entre 45° y 50°, y se encuentran estables, la propuesta es recorformar los taludes promedio a 45°, con bermas en taludes con alturas por encima de los 8 m. Para los casos particulares de las estaciones 33+620 y 33+820, la empresa IDOM realizó el análisis de estabilidad con el método Morgestern-Price, que es una de las más completas en los análisis de los métodos de equilibrio límite. Los resultados fueron satisfactorios con el cumplimiento de los factores de seguridad. Los análisis anteriores se consideran adecuados.

Las observaciones realizadas por la empresa IDOM acerca de los taludes que se conformen en materiales MH-ML se consideran acertadas.

- Intercambio Grecia

Para este tramo, se considera que las estaciones 36+060 y 36+140 son las que muestran las condiciones más críticas de los taludes encontrados en esta zona. Dado que se cuenta con taludes naturales con pendientes entre 45° y 50°, y se encuentran estables, la propuesta es recorformar los taludes promedio a 45°, con bermas en taludes con alturas por encima de los 8 m. Para los casos particulares de las estaciones 36+060 y 36+140, la empresa IDOM realizó el análisis de estabilidad con el método Morgestern-Price, que es una de las más completas en los análisis de los métodos de equilibrio límite. Los resultados fueron satisfactorios con el cumplimiento de los factores de seguridad. Los análisis anteriores se consideran adecuados.

Las observaciones realizadas por la empresa IDOM acerca de los taludes que se conformen en materiales MH-ML se consideran acertadas.

- Intercambio río Naranjo (43+720 a 45+150)

Se analizan taludes de 45° de pendiente y el perfil más crítico se considera en el estacionamiento 0+050, en rampa 1 sentido San Ramón. Los resultados del análisis en condición estática y pseudoestática, tanto para corto como largo plazo son mayores que lo indicado en la Tabla 46 y por lo tanto, cumplen. Estos análisis se consideran adecuados.

Las observaciones realizadas por la empresa IDOM acerca de los taludes que se conformen en materiales MH-ML se consideran acertadas.

- Intercambio río Grande (49+640 a 50+786)

Para este tramo, se considera que las estaciones 49+960 y 0+050 son las que muestran las condiciones más críticas de los taludes encontrados en esta zona. Dado que se cuenta con taludes naturales con pendientes entre 45° y 50°, y se encuentran estables, la propuesta es recorformar los taludes promedio a 45°, con bermas en taludes con alturas por encima de los 8 m. Para los casos particulares de las estaciones 49+960 y 0+050, la empresa IDOM realizó el análisis de estabilidad con el método Morgestern-Price, que es una de las más completas en los análisis de los métodos de equilibrio límite. Los resultados fueron satisfactorios con el cumplimiento de los factores de seguridad. Los análisis anteriores se consideran adecuados.

Las observaciones realizadas por la empresa IDOM acerca de los taludes que se conformen en materiales MH-ML se consideran acertadas.



III.4.2 Análisis en taludes de relleno

Para la conformación de los rellenos, la empresa IDOM muestra en el apartado 6.4 de su informe final, las características de los materiales que deben ser utilizados en la conformación de estos rellenos. No se realiza un análisis generalizado como en el caso de los taludes de corte, pero la metodología de análisis de estabilidad es la misma. Esta se considera adecuada. Los factores de seguridad mostrados en la Tabla 46 son igualmente válidos para estos taludes. A continuación, se muestra el resultado de la revisión para cada sitio analizado en específico.

- Río Torres e Intercambio de circunvalación (0+160 a 3+900)

Se propone trabajar con terraplenes con pendientes de 26° con alturas máximas de 16 m. Se analiza la sección 3+660 para las condiciones estática y pseudoestática, y para corto y largo plazo. Los resultados obtenidos cumplen con lo establecido para los factores de seguridad establecidos para el proyecto. El análisis presentado se considera adecuado.

- Intercambio Juan Pablo II (3+900 a 4+800)

Se propone trabajar con terraplenes con pendientes de 26°. Las alturas son pequeñas por lo que se considera innecesario realizar análisis adicionales. Lo anteriormente indicado se considera adecuado, máxime que con el análisis de estabilidad que se realiza con alturas mayores que las que se conformarán en esta zona, arroja resultados favorables. Sin embargo, si durante la construcción cambian las condiciones de análisis, se considera recomendable realizar los análisis de estabilidad correspondientes.

- Conector barreal y peaje Los Arcos (8+000 a 9+300)

En este caso, se está proponiendo trabajar con pendientes de 27° y con conformación de bermas cada 8 m de altura, esto porque se encontraron materiales con menor calidad. Los análisis se realizan en el estacionamiento 9+300 que se considera más crítico, para las condiciones estática y pseudoestática, y para corto y largo plazo. Los resultados obtenidos cumplen con lo establecido para los factores de seguridad establecidos para el proyecto. El análisis presentado se considera adecuado.

- Corredor Firestone – Ciruelas: Inter – Aeropuerto (12+600 a 18+850)

Se propone trabajar con terraplenes con pendientes de 26°. Las alturas son pequeñas por lo que se considera innecesario realizar análisis adicionales. Lo anteriormente indicado se considera adecuado, máxime que con el análisis de estabilidad que se realiza con alturas mayores que las que se conformarán en esta zona, arroja resultados favorables. Sin embargo, si durante la construcción cambian las condiciones de análisis, se considera recomendable realizar los análisis de estabilidad correspondientes.

- Intercambio Coyoil (23+760 a 25+000)

Se propone trabajar con terraplenes con pendientes de 26°. Las alturas son pequeñas por lo que se considera innecesario realizar análisis adicionales. Lo anteriormente indicado se considera adecuado, máxime que con el análisis de estabilidad que se realiza con alturas mayores que las que se conformarán en esta zona, arroja resultados favorables. Sin embargo, si durante la construcción cambian las condiciones de análisis, se considera recomendable realizar los análisis de estabilidad correspondientes.

- Intercambio FANAL (33+434 a 34+825)

Se propone trabajar con terraplenes con pendientes de 26°. Las alturas son pequeñas por lo que se considera innecesario realizar análisis adicionales. Lo anteriormente indicado se considera adecuado, máxime que con el análisis de estabilidad que se realiza con alturas mayores que las que se conformarán



en esta zona, arroja resultados favorables. Sin embargo, si durante la construcción cambian las condiciones de análisis, se considera recomendable realizar los análisis de estabilidad correspondientes.

- Intercambio Grecia

Se propone trabajar con terraplenes con pendientes de 26°. Las alturas son pequeñas por lo que se considera innecesario realizar análisis adicionales. Lo anteriormente indicado se considera adecuado, máxime que con el análisis de estabilidad que se realiza con alturas mayores que las que se conformarán en esta zona, arroja resultados favorables. Sin embargo, si durante la construcción cambian las condiciones de análisis, se considera recomendable realizar los análisis de estabilidad correspondientes.

- Intercambio río Naranjo (43+720 a 45+150)

En este caso, se está proponiendo trabajar con pendientes de 27° y con conformación de bermas cada 8 m de altura, esto porque se encontraron materiales con menor calidad. Los análisis se realizan en el estacionamiento 9+300 que se considera más crítico, para las condiciones estática y pseudostática, y para corto y largo plazo. Los resultados obtenidos cumplen con lo establecido para los factores de seguridad establecidos para el proyecto. El análisis presentado se considera adecuado.

- Intercambio río Grande (49+640 a 50+786)

Se propone trabajar con terraplenes con pendientes de 26°. Las alturas son pequeñas por lo que se considera innecesario realizar análisis adicionales. Lo anteriormente indicado se considera adecuado, máxime que con el análisis de estabilidad que se realiza con alturas mayores que las que se conformarán en esta zona, arroja resultados favorables. Sin embargo, si durante la construcción cambian las condiciones de análisis, se considera recomendable realizar los análisis de estabilidad correspondientes.

III.5 Anexos

Con respecto a los Anexos 1a, 1b y 1c, no se tienen comentarios excepto que se puede observar que la ubicación de las exploraciones realizadas muestra una distribución adecuada, concentrándose en las zonas donde existe alguna obra en específico a construir. Sin embargo, como se comentó en los apartados III.1 y III.3.2, debido a las recomendaciones dadas por la empresa IDOM respecto a la cimentación de las distintas obras, en la etapa de diseño final, es posible que se deban realizar exploraciones y ensayos adicionales para contar con más información acerca de parámetros de resistencia y deformabilidad de los materiales de los distintos sitios para así optimizar el diseño de la cimentación.

Respecto a los Anexos 2a y 2b no se tienen comentarios.

Al revisar el Anexo 3a se observa que los últimos 40 datos mostrados en la tabla cuentan con resultados de ensayos de corte directo, indicando el valor de cohesión y ángulo de fricción. Estos datos, son los más coincidentes con los parámetros empleados en el diseño de la pantalla de pilotes que se trata en el apartado IV del presente informe. Sin embargo, no se conoce la procedencia de dichos datos, pues al cotejar con el Anexo 3b, no se encuentran estos resultados mas si los 11 resultados del ensayo de corte directo comentado en el apartado III.1. Por lo tanto, se considera recomendable solicitar las aclaraciones del caso, máxime que se están utilizando estos datos como base para proporcionar los valores de los parámetros utilizados en el diseño de las pantallas de pilotes.

Con respecto a los Anexos 4, 5 y 6 parecen ser adecuados respecto a lo indicado en el apartado 3.1 del informe final de la empresa IDOM. Sin embargo, respecto al Anexo 6 por lo indicado en el mismo apartado 3.1, la tabla 6 y lo mostrado en el apartado 6 de este mismo informe final, no parece concordar el inventario



mostrado en el Anexo con lo escrito en el informe. Por tanto, se considera pertinente solicitar la aclaración al respecto.

IV.Revisión de documentos de diseño estructural para cada obra propuesta

Se revisan los documentos que corresponden al diseño de las estructuras por separado, enlistados en la introducción, para cada sitio de interés. Los aspectos revisados en los informes de diseño estructuras son la información geotécnica utilizada en el diseño, la zona sísmica, el sitio geotécnico y los parámetros utilizados en el diseño, si aplica para el caso de muros de retención. El resumen de la revisión de la información geotécnica utilizada para el diseño, la zona sísmica y el sitio geotécnico se muestra en la Tabla 47.

Tabla 47 Revisión de aspectos geotécnicos en informes de diseño de estructuras

Sitio		Zona sísmica	Sitio geotécnico		Información geotécnica en diseño estructural
			Mecánica de rocas ⁽¹⁾	Diseño estructural ⁽²⁾	
Virilla	Rehabilitación	NI	S2	NI	NI
Río Poás	Viaducto derecho	III	S2	S3	Informe final
Río Poás	Viaducto izquierdo: Rehabilitación	NI		NI	NI
Río Rosales	Viaducto derecho	III	S2	S3	Informe final
Río Rosales	Viaducto izquierdo: Rehabilitación	NI		NI	NI
Río Colorado	Puente Rafel Iglesias: Rehabilitación	III	S2	NI	NI
Río Grande n°2	Viaducto izquierdo	III	S2	S3	Informe final
Río Grande n°2	Viaducto derecho: Rehabilitación	NI		NI	Informe final
Río Grande n°1	Viaducto izquierdo	III	S3	S3	Informe final
Río Grande n°1	Viaducto derecho: Rehabilitación	NI		NI	Informe final
San Antonio del Tejar	Intercambio	III	S3	S3	Informe final
Estación 8+820	Paso inferior	-	S3	S3	Informe final
Estación 11+080	Paso Superior	-	NI	NI	Inf. Final OJO suelo cosido y relleno reforzado
Estación 18+900	Paso Superior	III	S3	S3	Informe final
Estación 28+800	Paso inferior	III	S3	S3	Informe final
Estación 30+350	Paso inferior	III	S3	S3	Informe final
Estación 34+910	Paso inferior	III	S3	S3	Informe final
Estación 35+180	Paso Superior	III	S3	S3	Informe final
Estación 37+850	Paso inferior	III	S3	S3	Informe final
Estación 39+700	Paso inferior	III	S3	S3	Informe final
Estación 41+300	Paso inferior	III	S3	S3	Informe final
Estación 43+850	Paso inferior	III	S3	S3	Informe final



Sitio		Zona sísmica	Sitio geotécnico		Información geotécnica en diseño estructural
			Mecánica de rocas ⁽¹⁾	Diseño estructural ⁽²⁾	
Estación 46+150	Paso inferior	III	S3	S3	Informe final
Estación 47+560	Paso inferior	III	S3	S3	Informe final
Estación 52+640	Paso inferior	III	S3	S3	Informe final
Estación 56+200	Paso inferior	III	S3	S3	Informe final
Castella	Paso Superior	III	S3	S3	Informe final
Quebrada Lagunilla	Alcantarilla	III	S3	S3	Informe final
Río Pirro	Alcantarilla	III	S3	S3	Informe final
Quebrada Seca	Alcantarilla	III	S3	S3	Informe final
Sarchí	Paso Superior	III	S3	S3	Informe final

(1): Informe final

(2): Informe individual de diseño estructural de obras del proyecto

Informe final documento: 100949-IDM-GEO-000000-TEN-C-000001-P03.01-S3-IFI

NI: No indicado

En cuanto a la revisión de los parámetros geotécnicos utilizados en el diseño, así como la metodología empleada para ello, se logra constatar que para los puntos de estudio cuya construcción consiste en “pasos inferiores” (ver Tabla 47) requieren del diseño de pantallas de pilotes, para los sitios identificados como “alcantarillas” requieren del diseño de las aletas que requieren insumos de índole geotécnico, y para los sitios con “pasos superiores” la capacidad de soporte de los elementos requeridos se discutió en el apartado III.3 del presente informe.

Como resultado de la revisión de las obras que requieren el diseño de pantallas de pilotes, se encuentra que para los documentos enlistados en el apartado I del presente informe, en su apartado 6, se muestra el ejemplo de cálculo mediante el uso de un software en el que es requerido insumos de índole geotécnico. En estos se indica que existen 4 tipos de materiales en las siguientes profundidades: 0 a 3 m, 6 a 15 m, 15 a 18 m, 18 a 27 m.

Para cada uno de estos materiales se deben indicar las siguientes propiedades: peso específico seco, peso específico húmedo, coeficiente de empuje activo horizontal, coeficiente en reposo horizontal, coeficiente de empuje pasivo horizontal, cohesión, ángulo de rozamiento interno y coeficiente de balastro asociado a cada tipo de suelo. Al respecto de estos, se observa que, en todos los documentos revisados, se utilizan los mismos parámetros de los materiales, es decir no cambian según la condición específica y el modelo geotécnico establecido para cada uno de los sitios. Los datos utilizados en estos diseños se enlistan a continuación:

Tabla 48 Datos de materiales utilizados en el diseño de pantalla de pilotes

Parámetro	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4
Material	<i>Arcilla limosa 1</i>	<i>Arcilla limosa 2</i>	<i>Granular 1</i>	<i>Nivel freático</i>
Profundidad (m)	0 a 6	6 a 15	15 a 18	18 a 27
peso específico seco (kN/m ³)	20	17	17.5	20
peso específico húmedo (kN/m ³)	10	10	10	10
coeficiente de empuje activo horizontal	0.333	0.406	0.361	0.333
coeficiente en reposo horizontal	0.5	0.577	0.531	0.5
coeficiente de empuje pasivo horizontal	3.0	2.464	2.77	3.0
Cohesión (kPa)	10	10	10	10
ángulo de rozamiento interno (°)	30	25	28	30



módulo de balastro (kPa/m)	30000	20000	25000	30000
----------------------------	-------	-------	-------	-------

A este respecto, no se tiene clara la procedencia de estos parámetros pues tal como se indica en la última columna de la Tabla 47, estos valores deberían provenir del informe final de geotecnia, sin embargo, no fue posible localizarlos. Se revisaron los resultados de ensayos del Anexo 3a y 3b, y se encontraron coincidencias de resultados de ensayos de corte directo con los valores mostrados en la Tabla 48, pero no fue posible encontrar la fuente de dichos resultados. Por lo tanto, se considera prudente solicitar la aclaración respectiva, así como del por qué se utilizaron los mismos parámetros en todos los sitios existiendo modelos geotécnicos establecidos para cada uno. Al respecto de la metodología de diseño de la pantalla, se encuentra adecuada.

Igualmente sucede cuando se revisa la condición de capacidad de soporte para el diseño de las alcantarillas, igualmente se utiliza el mismo valor para los dos sitios y no se tiene clara la procedencia de estos. Por ello, igualmente se considera importante solicitar la aclaración.

Adicionalmente, se revisa el documento de “Diseño de Obras de Defensa” que, aunque se trate de una memoria de diseño estructural, se verifica lo concerniente a aspectos geotécnicos. En el apartado 1.1 del alcance dicho documento, no se indica la base para la escogencia de los parámetros geotécnicos de las unidades evaluadas, como en el resto de los documentos de diseño estructural que se revisan. Los parámetros geotécnicos indicados en el informe que se utilizaron para el diseño son los que se muestran en la Tabla 49.

Tabla 49 Datos de materiales utilizados en el diseño de pantalla de pilotes

Parámetro	Capa 1
Material	Unidad 1
Profundidad (m)	3 a 25
peso específico seco (kN/m ³)	19
peso específico húmedo (kN/m ³)	9
coeficiente de empuje activo horizontal	0.331
coeficiente en reposo horizontal	0.531
coeficiente de empuje pasivo horizontal	3.546
Cohesión (kPa)	0
ángulo de rozamiento interno (°)	28
módulo de balastro (kPa/m)	500

Adicionalmente, por lo que se puede observar, para este tipo de obras se han contemplado 4 sitios distintos cuya capacidad de soporte es utilizada como un dato de entrada para el diseño. Sin embargo, la procedencia tanto de los valores de parámetros geotécnicos de la pantalla, así como de los valores de los 4 materiales no se tiene clara, por lo que se considera recomendable solicitar la aclaración al respecto.

V. Revisión del documento Informe final: 01 – Memorias “Diseño estructural – Muros”

Se revisa el documento de diseño del Proyecto Integral del Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, tomo 01, diseño estructural – muros, en lo que respecta a los aspectos geotécnicos a contemplar, tanto para los muros de concreto reforzado como para los muros de relleno reforzado.

Al observar la normativa base empleada para realizar los diseños de estas estructuras, descritas en el apartado 2, se considera adecuado, pues se referenciaron las normativas utilizadas con frecuencia en el país para estos menesteres.

Se revisa el apartado 3 del informe de diseño de muros que trata de las bases del cálculo. Para los muros de relleno reforzado, se utiliza la normativa AASHTO LRFD que en su capítulo 11 describe las técnicas de



diseño base para este tipo de estructuras. Para los muros de concreto reforzado, se utilizan parámetros adecuados en los materiales recomendados para el trasdós.

Al revisar en detalle los diseños preliminares para los muros de relleno reforzado para las alturas de 5, 7.5, 9.1 y 10 m, se observa que se realiza la revisión de la estabilidad externa del muro, contemplando la resistencia al deslizamiento, al vuelco y a la capacidad de soporte, así como la estabilidad interna de los muros y la resistencia de cada uno de los componentes de este. Este diseño preliminar mostrado en este documento se considera adecuado.

Por su parte, el análisis de estabilidad externa del muro de concreto reforzado, tanto al deslizamiento como al vuelco se consideran adecuados.

VI. Comentarios finales

Después de realizar la revisión, en general se puede indicar que la información que se encuentra en los informes para la etapa de anteproyecto para el corredor principal de las OBIS es adecuada. Sin embargo, para los diseños finales de las obras propuestas a construir, se considera importante contemplar realizar una cantidad mayor de ensayos para complementar la información existente y así determinar parámetros de resistencia al corte y deformabilidad específicos en cada sitio.

Por otro lado, se encontraron puntos de estudio específicos, en los que se realizó una campaña de exploración geotécnica, pero finalmente no cuentan con una propuesta para cimentación de la estructura. Estos estacionamientos son: Paso Superior San Antonio Cariari en la estación 11+000, Intercambio Manolos en la estación 27+400 y Paso Superior en la estación 32+400. Se considera recomendable solicitar la aclaración al respecto.

En el caso de los análisis de estabilidad de taludes, se encuentra adecuada la metodología de análisis. Sin embargo, se considera prudente incluir en el análisis la influencia del agua de lluvia sobre el talud, pues es conocido que esta condición es la que genera mayores emergencias durante la mayor parte del año. Además, para esto se apuesta a que el sistema de drenaje y manejo de aguas de escorrentía superficial cuenten con un mantenimiento continuo durante todo el año, práctica que no es común en Costa Rica. Continuando en los análisis de estabilidad, se consideró adecuado que para algunos puntos de interés no se mostrase el análisis adicional utilizando el método de equilibrio límite, por las condiciones observadas y mostradas en campo. A pesar de ello, se considera importante contemplar que si alguna condición cambia respecto a la existente cuando se realizó este primer estudio, es aconsejable realizar el análisis de estabilidad correspondiente.

Cuando se revisan los Anexos 3a y 6, parte de la información parece no concordar con lo indicado en el documento del informe final, o bien no se encuentra la información base que genera estos documentos anexos, por lo que se considera recomendable solicitar la aclaración al respecto.

En lo que respecta al diseño de las pantallas de pilotes para los pasos inferiores propuestos, se observa que los parámetros son los mismos para todos los puntos de interés, sin utilizar los obtenidos en el modelo geotécnico de cada uno ni los parámetros de los materiales propiamente encontrados en cada sitio. Se considera importante solicitar la aclaración al respecto. Igualmente, para los pilotes diseñados para las obras de defensa.

VII. Referencias



1. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 03 – Especificaciones “Normas de diseño y especificaciones técnicas”, julio 2020
2. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral – Informe final: 01 – Memorias “Mecánica de suelos”, julio 2020
3. IDOM, Anexos 1 al 6, julio 2020
4. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 8+820”, julio 2020
5. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.S Est. 11+080”, julio 2020
6. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.S Est. 18+900”, julio 2020
7. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 28+800”, julio 2020
8. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 30+350”, julio 2020
9. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 34+910”, julio 2020
10. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.S Est. 35+180”, julio 2020
11. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 37+850”, julio 2020
12. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 39+700”, julio 2020
13. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 41+300”, julio 2020
14. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 43+850”, julio 2020
15. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 46+150”, julio 2020
16. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 47+560”, julio 2020
17. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 46+680”, julio 2020
18. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.I Est. 52+640”, julio 2020



19. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo paso inferior Est. 56+200”
20. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.S Castella”, julio 2020
21. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural – Alcantarilla río Pirro”, julio 2020
22. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural – Alcantarilla quebrada Seca”, julio 2020
23. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.S Sarchí”, julio 2020
24. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo P.S San Antonio del Tejar”, julio 2020
25. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo viaducto río Poás, calzada derecha”, julio 2020
26. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Mejoramiento viaducto río Poás, calzada izquierda”, julio 2020
27. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo viaducto río Rosales, calzada derecha”, julio 2020
28. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Mejoramiento viaducto río Rosales, calzada izquierda”, julio 2020
29. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo viaducto río Grande II, calzada izquierda”, julio 2020
30. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Mejoramiento viaducto río Grande II, calzada derecha”, julio 2020
31. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo viaducto río Grande I, calzada izquierda”, julio 2020
32. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Nuevo viaducto río Grande I, calzada derecha”, julio 2020
33. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Mejoramiento viaducto río Virilla”, julio 2020
34. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Mejoramiento viaducto río Colorado, Rafael Iglesias”, julio 2020
35. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural – Obras de defensa en bastiones”, julio 2020
36. IDOM. Estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Proyecto integral: 01 – Memoria “Diseño estructural - Muros”, julio 2020