



EG36604.02

EDICIÓN 02

L.A.T. 45 KV EVACUACIÓN C.H. IRUEÑA

EL SAHUGO Y EL BODÓN, SALAMANCA

DICIEMBRE 2022

TOMO I



ÍNDICE

L.A.T. 45 KV EVACUACIÓN C.H. IRUEÑA

EL SAHUGO Y EL BODÓN, SALAMANCA

TOMO I

CÓDIGO	ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO	
EG3660400	PORTADA	
EG366040101	1. MEMORIA	
	ANEJOS CONSIDERACIONES GENERALES	
EG366040102 A00	AG-0	Antecedentes administrativos
EG366040102 A01	AG-1	Ficha técnica
EG366030103 A02	AG-2	Estudio Geológico y Geotécnico
EG366040102 A03	AG-3	Estudio de Alternativas
EG366040102 A05	AG-5	Informe medioambiental
EG366040102 A06	AG-6	Expropiaciones
EG366040102 A08	AG-8	Medidas de restauración ambiental e integración paisajística
	ANEJOS LÍNEA ELÉCTRICA DE INTERCONEXIÓN	
EG366040103 A01	ALE-1	Cálculo mecánico del conductor
EG366040103 A02	ALE-2	Cálculo eléctrico
EG366040103 A03	ALE-3	Cálculo mecánico de apoyos
EG366040103 A04	ALE-4	Valoración de efectos ambientales
EG366040103 A05	ALE-5	Gestión de residuos
EG366040103 A06	ALE-6	Plan de ensayos de material y equipos
EG366040103 A07	ALE-7	Plan de obra
EG366040103 A08	ALE-8	Justificación de precios
EG366040103 A09	ALE-9	Presupuesto para conocimiento de la administración
EG3660402	2. PLIEGO DE CONDICIONES	
EG3660403	3. PRESUPUESTO	
EG3660404	4. PLANOS	
EG3660404	P-01	Situación y emplazamiento
EG3660404	P-02	Traza
EG3660404	P-03	Ortofoto
EG3660404	P-04	Planta y perfil
EG3660404	P-05	Apoyos
EG3660404	P-06	Cimentación apoyos
EG3660404	P-07	Cadenas y herrajes

CÓDIGO	ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO	
EG3660404	P-08	Puesta a tierra
EG3660405	5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	
EG3660405	I	Memoria
EG3660405	II	Pliego
EG3660405	III	Presupuesto
EG3660405	IV	Planos

I. MEMORIA

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	1
2. GENERALIDADES.	2
2.1. OBJETO.	2
2.2. ALCANCE.....	2
2.3. PETICIONARIO Y PROMOTOR.....	2
2.4. EMPLAZAMIENTO.....	2
3. NORMATIVA.....	3
3.1. ELECTRICIDAD.....	3
3.2. RIESGOS LABORALES	16
3.3. OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAS	18
3.4. OTRAS	19
4. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA.....	21
4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA.	21
4.2. TRAZADO.	22
4.3. CARACTERÍSTICA TÉCNICAS.....	22
5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.	37
6. PRESUPUESTO.	38
7. CONSIDERACIÓN FINAL	39

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Tramificación de la línea	2
Tabla 2. Características generales	21
Tabla 3. Características conductor de fase.....	22
Tabla 4. Características cable de guarda.....	22
Tabla 5. Características elemento aislador.....	23
Tabla 6. Características cadena suspensión de fase.....	23
Tabla 7. Características cadena amarre de fase.....	24
Tabla 8. Características cadena suspensión de guarda.....	24
Tabla 9. Características cadena amarre de guarda.....	25
Tabla 10. Listado Apoyos	27
Tabla 11. Listado de cimentaciones	28
Tabla 12. Coordenadas Apoyos	30
Tabla 13. Alineaciones.....	31
Tabla 14. Relación de cruzamientos	32

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Dispositivos salvapajaros de aspas.....	26
Imagen 2. Esquema cimentaciones monobloque	28
Imagen 3. Esquema cimentaciones tetrabloque cuadrada recta.....	28

1. ANTECEDENTES

La Central Hidroeléctrica Irueña dispone de una línea aérea a 45 kV, de evacuación de la energía eléctrica generada. Este documento representa la memoria descriptiva del proyecto de la línea de evacuación que conecta su último apoyo con la subestación existente de Fuenteguinaldo, propiedad de Iberdrola.

Con fecha de 19/10/2016 se recibe por parte de Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U. la aceptación del punto de acceso y conexión con las condiciones siguientes:

- Potencia nominal: 4.5000 kW
- Tensión: 45.000 V

Con fecha del 15/07/2019 se recibe el pliego de condiciones técnicas y el presupuesto de las instalaciones y trabajos por parte de Iberdrola respecto al punto de conexión en la subestación de Fuenteguinaldo. En concreto se describen las siguientes actuaciones:

- Trabajos de refuerzo, adecuación, aportación o reforma de instalaciones de la red de distribución:
 - o Instalación de un CIAT con esquema "Y" (2L+T) para la conexión de la instalación. Deberá ser financiada por el generador y cedida al titular de la subestación.
 - o Renovación completa de SMR Pórtico de San Agustín a cargo de esta empresa distribuidora e incluidos en la planificación presentada a la administración con fecha prevista de puesta en servicio en el año 2021.
 - o La conexión de esta instalación, queda condicionada a la finalización de los trabajos planificados indicado en el párrafo anterior.
- Trabajos necesarios para la nueva extensión de red:
 - o La obra de Extensión será ejecutada por una empresa instaladora legalmente autorizada.

A continuación pasa a resumirse el presupuesto de los trabajos descritos en el Pliego de Condiciones Técnicas:

- Trabajos de refuerzo, adecuación, adaptación o reforma de instalaciones de la red de distribución existente en servicio, que son necesarios para incorporar las nuevas instalaciones: 654.164,40€.

2. GENERALIDADES.

2.1. OBJETO.

El presente PROYECTO de la **L.A.T. 45 KV EVACUACIÓN C.H. IRUEÑA** tiene por objeto la descripción de las instalaciones necesarias para evacuar la energía eléctrica generada por la Central Hidroeléctrica Irueña hasta la Subestación colectora de Fuenteguinaldo para la tramitación de la Autorización administrativa y la obtención de los permisos y licencias necesarios.

2.2. ALCANCE.

La línea de Alta Tensión que se proyecta se compone de un tramo aéreo. En la tabla siguiente se muestran la longitud y tipo de cada tramo:

Tramo	Longitud	Tipo
1	1.820 m	Aéreo (12 apoyos)

Tabla 1. Tramificación de la línea

La configuración del tendido será simple circuito en tresbolillo con conductor LA-78 y cable de guarda OPGW 2...48 F.O.

2.3. PETICIONARIO Y PROMOTOR.

El peticionario de las instalaciones objeto de este Proyecto son los organismo públicos "IDAE Y CONFEDERACIÓN HIDROGRAFICA DEL DUERO", Ayuntamientos de El Bodón, El Sahugo y Fuenteguinaldo

2.4. EMPLAZAMIENTO.

El trazado de la LAT discurre por los ayuntamientos de El Bodón y El Sahugo, en la provincia de Salamanca (Castilla y León).

3. NORMATIVA

Las obras del Proyecto, se regirán por lo especificado en:

3.1. ELECTRICIDAD

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

Y específicamente ITC-LAT 02:

Listado de normas de obligado cumplimiento actualizado de acuerdo con el artículo 8 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, aprobado por el Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, a 16 de abril de 2021

Generales:

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE-EN 60529:2018 Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).	UNE 20324:1993 UNE 20324:2004 ERRATUM	–
UNE-EN 60529:2018/A1:2018 Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).	UNE 20324/1M:2000	–
UNE-EN 60529:2018/A2:2018 Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).	UNE 20324:1993/2M:2014	–
UNE-EN 60060-1:2012 Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo	UNE 21308-1:1994	–
UNE-EN 60529:2018/A2:2018/AC:2019-02 Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).	–	–
UNE-EN 50102:1996 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).	–	–
UNE-EN 50102 CORR:2002 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).	–	–

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE-EN 50102/A1:19992 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).	–	–
UNE-EN 50102/A1 CORR:2002 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).	–	–
UNE-EN 60060-2:2012 Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.	UNE-EN 60060-2:1997 UNE-EN 60060-2/A11:1999	–
UNE-EN 60060-3:2006 Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.	–	–
UNE-EN 60060-3:2006 CORR.:2007 Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.	–	–
UNE-EN IEC 60071-1:2020 Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.	UNE-EN 60071-1:2006	Coexiste con las normas UNE-EN 60071-1:2006 y UNE-EN 60071-1:2006/ A1:2010 hasta 13-09-2022
UNE-EN IEC 60071-2:2018 Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.	UNE-EN 60071-2:1999	–
UNE-EN 60270:2002 Técnicas de ensayo en alta tensión. Medidas de las descargas parciales.	–	–
UNE-EN 60270:2002/A1:2016 Técnicas de ensayo en alta tensión. Medidas de las descargas parciales.	–	–
UNE-EN 60865-1:2013 Corrientes de cortocircuito. Cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.	UNE-EN 60865-1:1997	–
UNE-EN 60909-0:2016 Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes (Ratificada por AENOR en agosto de 2016)	UNE-EN 60909-0:2002	–

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE-EN 60909-3:2011 Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 3: Corrientes durante dos cortocircuitos monofásicos a tierra simultáneos y separados y corrientes parciales de cortocircuito circulando a través de tierra.	UNE-EN 60909-3:2004	–

Cables y conductores:

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE 21144-1-1:2012 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 1: Generalidades.	UNE 21144-1-1:1997 UNE 21144-1-1/2M:2002	–
UNE 21144-1-1:2012/1M:2015 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 1: Generalidades.	–	–
UNE 21144-1-2:1997 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 2: Factores de pérdidas por corrientes de Foucault en las cubiertas en el caso de dos circuitos en capas.	–	–
UNE 21144-1-3:2003 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 3: Reparto de la intensidad entre cables unipolares dispuestos en paralelo y cálculo de pérdidas por corrientes circulantes.	–	–
UNE 21144-2-1:1997 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.	–	–
UNE 21144-2-1/1M:2002 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.	–	–

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE 21144-2-1:1997/2M:2007 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.	–	–
UNE 21144-2-2:1997 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 2: Método de cálculo de los coeficientes de reducción de la intensidad admisible para grupos de cables al aire y protegidos de la radiación solar.	–	–
UNE 21144-3-1:2018 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3-1: Condiciones de funcionamiento. Condiciones del sitio de referencia.	UNE 21144-3-1:1997	–
UNE 21144-3-2:2000 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 2: Optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de potencia.	–	–
UNE 21144-3-3:2007 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 3: Cables que cruzan fuentes de calor externas.	–	–
UNE 21192:1992 Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.	–	–
UNE 21192:1992/1M:2009 Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.	–	–
UNE 207015:2013 Conductores desnudos de cobre duro cableados para líneas eléctricas aéreas	UNE 207015:2005	–
UNE 211003-1:2001 Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 1 kV ($U_m=1,2$ kV) a 3 kV ($U_m=3,6$ kV).	–	–

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE 211003-1:2001/1M:2009 Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 1 kV (Um= 1,2 kV) a 3 kV (Um=3,6 kV).	–	–
UNE 211003-2:2001 Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV (Um= 7,2 kV) a 30 kV (Um=36 kV).	–	–
UNE 211003-2:2001/1M:2009 Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV (Um= 7,2 kV) a 30 kV (Um=36 kV).	–	–
UNE 211003-3:2001 Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada superior a 30 kV (Um=36 kV).	–	–
UNE 211003-3:2001/1M:2009 Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada superior a 30 kV (Um=36 kV).	–	–
UNE 211067-1:2017 Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, de tensión asignada superior a 150 kV (Um=170 kV) hasta 400 kV (Um=420 kV). Parte 1: Requisitos y métodos de ensayo.	UNE 211004:2003 UNE 211004/1M:2007	–
UNE 211435:2011 Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica.	UNE 211435:2007	–
UNE-EN 50182:2002 Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas.	–	–
UNE-EN 50182:2002/AC:2013 Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas.	UNE-EN 50182 CORR.:2005	–
UNE-EN 50183:2000 Conductores para líneas eléctricas aéreas. Alambres en aleación de aluminio-magnesio silicio.	–	–

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE-EN 50189:2000 Conductores para líneas eléctricas aéreas. Alambres de acero galvanizado.	–	–
UNE-EN 50397-1:2007 Conductores recubiertos para líneas aéreas y sus accesorios para tensiones nominales a partir de 1 kV c.a. hasta 36 kV c.a. Parte 1: Conductores recubiertos.	–	–
UNE-EN 60228:2005 Conductores de cables aislados.	–	–
UNE-EN 60228 CORR.:2005 Conductores de cables aislados.	–	–
UNE-EN IEC 60794-4:2018 Cables de fibra óptica. Parte 4: Especificación intermedia. Cables ópticos aéreos a lo largo de líneas eléctricas de potencia. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en octubre de 2018.)	UNE-EN 60794-4:2006	–
UNE-EN 61232:1996 Alambres de acero recubiertos de aluminio para usos eléctricos.	–	–
UNE-EN 61232/A11:2001 Alambres de acero recubiertos de aluminio para usos eléctricos.	–	–
UNE-HD 620-10E:2012/1M:2020 Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV inclusive. Parte 10: Cables unipolares y unipolares reunidos con aislamiento de XLPE. Sección E: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 10E-1, 10E-3, 10E-4 y 10E-5).	UNE-HD 620-5-E-1:2007 UNE-HD 620-5-E-2:1996	Coexiste con UNE-HD 620-10E:2012/1M:2018 hasta 31-12-2021
UNE-HD 620-9E:2012/1M:2020 Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV inclusive. Parte 9: Cables unipolares y unipolares reunidos con aislamiento de HEPR. Sección E: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 9E-1, 9E-3 y 9E-5).	UNE-HD 620-9-E:2007	–

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
<p>UNE 211632-4A:2017</p> <p>Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, para tensiones asignadas superiores a 36 kV (Um = 42 kV) hasta 150 kV (Um = 170 kV). Parte 4A: Cables unipolares con aislamiento seco de polietileno reticulado y cubierta de poliolefina o de polietileno de alta densidad (tipos 1, 2 y 3)</p>	PNE 211632-4A	–
<p>UNE 211632-6A:2017</p> <p>Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, para tensiones asignadas superiores a 36 kV (Um = 42 kV) hasta 150 kV (Um = 170 kV). Parte 6A: Cables unipolares con aislamiento seco de etileno propileno de alto módulo y cubierta de poliolefina o de polietileno de alta densidad (tipos 1, 2 y 3)</p>	PNE 211632-6A	–
<p>UNE 211006:2010</p> <p>Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna.</p>	–	–
<p>UNE 211620:2020</p> <p>Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV inclusive. Cables unipolares y unipolares reunidos con aislamiento de XLPE. Cables con pantalla de tubo de aluminio y cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 10E-6, 10E-7, 10E-8 y 10E-9)</p>	UNE 211620:2012	Coexiste con UNE 211620:2018 hasta 31-12-2021
<p>UNE 211027:2013</p> <p>Accesorios de conexión. Empalmes y terminaciones para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).</p>	–	–
<p>UNE 211028:2013</p> <p>Accesorios de conexión. Conectores separables apantallados enchufables y atornillables para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).</p>	–	–
<p>UNE 211028:2013/1M:2016</p> <p>Accesorios de conexión. Conectores separables apantallados enchufables y atornillables para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).</p>	–	–

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE 211028:2013/1M:2016 Accesorios de conexión. Conectores separables apantallados enchufables y atornillables para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).	–	–
UNE-EN 50540:2010 Conductores para líneas aéreas. Conductores de aluminio soportados por acero (acss).	–	–

Accesorios para cables:

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE 21021:1983 Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.	–	–
UNE-EN 61854:1999 Líneas eléctricas aéreas. Requisitos y ensayos para separadores.	–	–
UNE-EN 61897:2000 Líneas eléctricas aéreas. Requisitos y ensayos para amortiguadores de vibraciones eólicas tipo «Stockbridge».	–	–

Apoyos y herrajes:

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE 21004:1953 Crucetas de madera para líneas eléctricas.	–	–
UNE-EN 14229:2011 Madera estructural. Postes de madera para líneas aéreas	UNE 21092:1973 UNE-EN 12465:2002	–
UNE 56416:1988 Protección de maderas. Métodos de tratamiento.	UNE 21094:1983 UNE 21152:1986	–
UNE-EN 13991:2004 Derivados de la pirólisis del carbón. Aceites obtenidos de alquitrán de hulla: creosotas. Especificaciones y métodos de ensayo.	UNE 21097:1972	–
UNE-EN ISO 10684:2006 Elementos de fijación. Recubrimientos por galvanización en caliente (ISO 10684:2004)	UNE 37507:1988	–
UNE 207009:2019 Herrajes y elementos de fijación y empalme para líneas eléctricas aéreas de alta tensión.	UNE 207009:2002	–

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE 207016:2007 Postes de hormigón tipo HV y HVH para líneas eléctricas aéreas.	–	–
UNE 207017:2010 Apoyos metálicos de celosía para líneas eléctricas aéreas de distribución.	UNE 207017:2005	–
UNE 207018:2018 Apoyos de chapa metálica para líneas eléctricas aéreas de distribución.	UNE 207018:2006	–
UNE-EN 60652:2004 Ensayos mecánicos de estructuras para líneas eléctricas aéreas.	–	–
UNE-EN 61284:1999 Líneas eléctricas aéreas. Requisitos y ensayos para herrajes.	–	–
UNE-EN ISO 1461:2010 Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo.	UNE-EN ISO 1461:1999	–
Especificación UNE 0059:2017 Postes de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) para líneas eléctricas aéreas de distribución y líneas de telefonía.	–	–

Aparamenta:

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE-EN 62271-103:2012 Aparamenta de alta tensión. Parte 103: Interruptores para tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores o iguales a 52 kV.	UNE-EN 60265-1:1999 UNE-EN 60265-1 CORR:2005	–
UNE-EN 62271-104:2015 Aparamenta de alta tensión. Parte 104: Interruptores de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 52 kV.	UNE-EN 60265-2:1994 UNE-EN 60265-2/A1:1997 UNE-EN 60265-2/A2:1999	–
UNE-EN 60282-1:2011 Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente	UNE-EN 602821:2007	–
UNE-EN 60282-1:2011/A1:2015 Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente	–	–
UNE-EN 62271-100:2011 Aparamenta de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna.	UNE-EN 62271-100:2003 UNE-EN 62271-100/A1:2004 UNE-EN 62271-100/A2:2007	–

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE-EN 62271-100:2011/A1:2014 Aparata de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna.	–	–
UNE-EN 62271-100:2009/A2:2017 Aparata de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en octubre de 2017.)	–	–
UNE-EN IEC 62271-102:2021 Aparata de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.	UNE-EN 62271-102:2005 UNE-EN 62271-102:2005/A1:2012 UNE-EN 62271-102:2005/A2:2013	–

Aisladores:

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE 21009:1989 Medidas de los acoplamientos para rótula y alojamiento de rótula de los elementos de cadenas de aisladores	–	–
UNE 21128:1980 Dimensiones de los acoplamientos con horquilla y lengüeta de los elementos de las cadenas de aisladores.	–	–
UNE 21128/1M:2000 Dimensiones de los acoplamientos con horquilla y lengüeta de los elementos de las cadenas de aisladores.	–	–
UNE-EN 61109:2010 Aisladores para líneas aéreas. Aisladores compuestos para la suspensión y anclaje de líneas aéreas de corriente alterna de tensión nominal superior a 1 000 V. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.	UNE 21909:1995 UNE 21909/1M:1998	–
UNE-EN 61467:2010 Aisladores para líneas aéreas. Cadena de aisladores y cadenas de aisladores equipadas para líneas de tensión nominal superior a 1000 V. Ensayos de arco de potencia en corriente alterna.	UNE 207002:1999 IN	–
UNE-EN 60305:1998 Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Elementos de las cadenas de aisladores de material cerámico o de vidrio para sistemas de corriente alterna. Características de los elementos de las cadenas de aisladores tipo caperuza y vástago.	–	–

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE-EN 60372:2004 Dispositivos de enclavamiento para las uniones entre los elementos de las cadenas de aisladores mediante rótula y alojamiento de rótula. Dimensiones y ensayos.	–	–
UNE-EN 60383-1:1997 Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 1: Elementos de aisladores de cadena de cerámica o de vidrio para sistemas de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.	–	–
UNE-EN 60383-1/A11:2000 Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 1: Elementos de aisladores de cadena de cerámica o de vidrio para sistemas de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.	–	–
UNE-EN 60383-2:1997 Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1.000 V. Parte 2: Cadenas de aisladores y cadenas de aisladores equipadas para sistemas de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.	–	–
UNE-EN 60433:1999 Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Aisladores de cerámica para sistemas de corriente alterna. Características de los elementos de cadenas de aisladores de tipo bastón	–	–
UNE-EN 61211:2005 Aisladores de material cerámico o vidrio para líneas aéreas con tensión nominal superior a 1000 V. Ensayos de perforación con impulsos en aire.	–	–
UNE-EN 61325:1997 Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1.000 V. Elementos aisladores de cerámica o de vidrio para sistemas de corriente continua. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.	–	–
UNE-EN 61466–1:2016 Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1000 V. Parte 1: Clases mecánicas y acoplamientos de extremos normalizados	UNE-EN 61466-1:1998	–
UNE-EN 61466–2:1999 Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 2: Características dimensionales y eléctricas	–	–

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE-EN 61466-2/A1:2003 Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 2: Características dimensionales y eléctricas.	–	–
UNE-EN 61466-2:1999/A2:2018 Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 2: Características dimensionales y eléctricas.	–	–
UNE-EN 62217:2013 Aisladores poliméricos de alta tensión para uso interior y exterior. Definiciones generales, métodos de ensayo y criterios de aceptación.	UNE-EN 62217:2007	–

Pararrayos:

REFERENCIA NORMA UNE, TÍTULO Y EDICIONES	SUSTITUYE	COEXISTENCIA
UNE 21087-3:1995 Pararrayos. Parte 3: Ensayos de contaminación artificial de los pararrayos.	–	–
UNE-EN 60099-4:2016 Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.	UNE-EN 60099-4:2005 UNE-EN 60099-4/A1:2007	–
UNE-EN 60099-5:2018 Pararrayos. Parte 5: Recomendaciones para la selección y utilización. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en mayo de 2018.)	UNE-EN 60099-5:2000 UNE-EN 60099-5/A1:2001	–

- Corrección de errores de Real Decreto 223/2008.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. (disposiciones adicionales)
- Real Decreto 1454/2005, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico.
- Real Decreto 2351/2004, de 23 de diciembre, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico.
- Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
- Real Decreto 198/2010, de 26 de febrero, por el que se adaptan determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico a lo dispuesto en la Ley 25/2009, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministros e procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica y correcciones posteriores.
- RD 1432/2008 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. (ITC BT 01 A 51).
- Guía Técnica de aplicación al REBT.
- Instrucción 4/2007, de 7 de mayo, de interpretación y aplicación de determinados preceptos del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de Puntos de Medida del sistema eléctrico y todas las actualizaciones que lo afectan.
- Real Decreto-Ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (versión refundida).
- Ley 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la directiva 2003/54/ce, del parlamento europeo y del consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad
- RD 1454/2005, de 23 de diciembre por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico.
- Orde do 18 de agosto de 2008 pola que se regula o réxime de inspeccións das instalacións eléctricas de baixa tensión.
- Instrucción 4/2007, del 7 de mayo, de interpretación y aplicación de determinados preceptos del RD 842/2002, del 2 de agosto, por el que se aprueba el reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Resolución de 19 de febrero de 2014 por la que se aprueba el procedimiento de autorización administrativa de construcción de acuerdo con lo previsto en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del sector eléctrico.
- Procedimientos de Operación de la red de transporte y normativa de REE.

3.2. RIESGOS LABORALES

- R.D. 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- R.D. 709/2015, de 24 de julio, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los equipos a presión.
- R.D. 809/2021, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- R.D. 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Orden de 20 de septiembre de 1986, por la que se establece el Modelo de Libro de Incidencias correspondientes a las obras en las que sea obligatorio un Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Orden de 16 de diciembre de 1987 por la que se establecen Nuevos Modelos para la Notificación de Accidentes de Trabajo y se dan instrucciones para su cumplimentación y tramitación.
- R.D. 542/2020, de 26 de mayo, por el que se modifican y derogan diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial.
- R.D. 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- R.D. 159/1995, de 3 de febrero, por el que se modifica el R.D. 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- R.D. Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº 269, de 10 de noviembre de 1995).
- R.D. 837/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba el nuevo texto modificado y refundido de la instrucción técnica complementaria MIE-AEM-4 del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas móviles autopropulsadas.
- R.D. 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- R.D. 39/1997, 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- R.D. 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.

- R.D. 487/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorso-lumbares, para los trabajadores.
- R.D. 488/1997, de 14 de abril, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas al Trabajo con Equipos que incluyen Pantallas de Visualización de Datos.
- R.D. 664/1997, de 12 de mayo, sobre Protección de los Trabajadores contra Riesgos Relacionados con la Exposición a Agentes Biológicos durante el Trabajo.
- R.D. 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- R.D. 349/2003, de 21 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, y por el que se amplía su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos.
- R.D. 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- R.D. 1215/1997, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R.D. 203/2016, de 20 de mayo, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de ascensores y componentes de seguridad para ascensores.
- R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para las obras de construcción y sus guías de aplicación.
- R.D. 130/2017, de 24 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Explosivos.
- R.D. 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- R.D. 374/2001, de 6 de abril, sobre Protección de la Salud y Seguridad de los Trabajadores contra los Riesgos Relacionados con los Agentes Químicos durante el Trabajo.
- R.D. 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.
- R.D. 614/2001 de 8 de junio sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Ley 33/2002, de 5 de julio, de modificación del artículo 28 del texto refundido de la ley del Estatuto de los Trabajadores, aprobado por R.D. legislativo 1/1995, de 24 de marzo.
- R.D. 842/2002, de 2 de agosto, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

- Orden TAS/2926/2002, de 19 de noviembre, por la que se establecen Nuevos Modelos para la Notificación de Accidentes de Trabajo y se posibilita la transmisión por procedimiento electrónico.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de Reforma del Marco Normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.
- Código de Circulación.
- R.D. 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de Coordinación de Actividades Empresariales.
- R.D. 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el R.D. 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales.
- Corrección de errores y erratas del R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales.
- R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la Protección de la Salud y Seguridad de los Trabajadores frente a los Riesgos derivados o que puedan derivarse de la Exposición a Vibraciones Mecánicas.
- R.D. 330/2009, de 13 de marzo, por el que se modifica el R.D. 1331/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- R.D. 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- R.D. 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- R.D. 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Cuadro de Enfermedades Profesionales en el Sistema de la Seguridad Social.

3.3. OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAS

- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02).
- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.

- Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- Orden Ministerial de 16 de diciembre de 1997, por la que se regulan los accesos a las carreteras del estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicio de carreteras.
- Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE, de 26 de febrero de 2014.
- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- Norma NTL del Laboratorio de Transporte y Mecánica del suelo del M.O.P.
- Instrucción 8.3-IC sobre señalización de obras, aprobada por Orden Ministerial de 31 de agosto de 1987 (BOE del 18 de septiembre) sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas fuera de poblado.
- Real Decreto 818/2009, de 8 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento General de Conductores.
- Recomendaciones para la fabricación, transporte y montaje de tubos de hormigón en masa (THM/73, Instituto E.T. de la Construcción y del Cemento).
- Normas de ensayo del laboratorio del transporte, Orden de 31 de Diciembre de 1958.
- Ordenanza de trabajo de la construcción, vidrio y cerámica (O.M. 28/8/1970) (B.O.E. 5,7,8, 9/9/1970).
- R.D. 130/2017, de 24 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Explosivos.
- Real Decreto, 25 junio de 1983 sobre intervención administrativa del Estado sobre el nitrato amónico de grado explosivo. Modificado por el Real Decreto 2261/85 de 23 de octubre.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Colección de pequeñas obras de paso 4.2.- IC aprobada por Orden Ministerial de 3 de Junio de 1986 (BOE del 20).
- Ley 16/1985, de 25 de Junio (BOE DEL 29), del Patrimonio Histórico Español, desarrollada parcialmente por el Real Decreto 111/1986, de 10 de Enero.
- Ley 7/2002, de 27 de diciembre por la que se modifican los artículos 2.2.3, 19, 21.3, 23 y 25 y se añade el artículo 21.bis de la ley 4/94 de 14 de septiembre.
- Normas INTA (Pintura).

3.4. OTRAS

- R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales.

- Corrección de errores y erratas del R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales.
- R.D. 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 14/2014, de 26 de diciembre, de Armonización y Simplificación en materia de Protección del Territorio y de los Recursos Naturales.
- Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.
- Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Ley 13/1989, de 10 de octubre, de montes vecinales en mano común, y todas las actualizaciones que lo afectan.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 560/2010 de 7 de mayo por lo que se modifica diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicio y su ejercicio, y a la ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- Instrucción 4/2007, del 7 de mayo, de interpretación y aplicación de determinados preceptos del R.D. 842/2002, del 2 de agosto, por el que se aprueba el reglamento electrotécnico para baja tensión.

4. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA.

La línea objeto de este proyecto cuenta con un tramo aéreo.

El tramo aéreo discurrirá desde la SET de la C.H. Irueña, por los terrenos del ayuntamiento de Fuenteguinaldo, cruzando varias carreteras municipales, y finalizando en las inmediaciones de la SET colectora de Fuenteguinaldo.

Dada la orografía del terreno y las vías de acceso existentes en la zona, se considera necesario la construcción de nuevos caminos de acceso a los apoyos, ya que no son accesibles a través de la traza.

La longitud de la línea es de 1819,738 m.

4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA.

CARACTERÍSTICAS GENERALES LÍNEA	
Tipo	Aérea
Tensión nominal (kV)	45
Frecuencia (Hz)	50
Número de circuitos	1
Potencia máxima de transporte por circuito (kVA)	19.686
Longitud total (m)	1.820
Conductor (m)	LA-78
Cable de comunicaciones	OPGW 2...48 F.O.
Zona	B
Distancia a línea de costa	> 20 km
Número de conductores por fase	1
Aislamiento	Vidrio
Número de Apoyos	12
Tipo de Apoyos	Celosía acero
Cimentaciones	Monobloque y patas separadas
Puestas a tierra	Pica y anillo

Tabla 2. Características generales

La totalidad del trazado discurre dentro del margen de cotas indicado para la zona adoptada.

4.2. TRAZADO.

La traza propuesta está definida por 8 vértices con una longitud en planta de aproximadamente 1.820 m. Se prevé la instalación de 12 apoyos.

4.3. CARACTERÍSTICA TÉCNICAS.

4.3.1. CONDUCTOR DE FASE.

CARACTERÍSTICAS CONDUCTOR DE FASE	
Conductor (m)	LA-78
Código	67-AL1/11-ST1A
Material	Aluminio reforzado con acero
Diámetro total (mm)	11,3
Sección total (mm ²)	78,6
Nº de hilos Al	6
Nº de hilos Acero	1
∅ de hilos Al (mm)	3,78
∅ de hilos Acero (mm)	3,78
Peso (daN/m)	0,2718
Carga mínima de rotura (daN)	2.360
Módulo de elasticidad (daN/mm ²)	8.100
Coefficiente de dilatación lineal ($\cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	19,1
Intensidad máxima admisible (A)	252,58

Tabla 3. Características conductor de fase.

4.3.2. CABLE DE GUARDA.

CARACTERÍSTICAS CABLE DE GUARDA	
Tipo	OPGW 2...48 F.O.
Diámetro total (mm)	16,60
Sección total (mm ²)	120,57
Peso (daN/m)	0,58
Carga mínima de rotura (daN)	8.130
Módulo de elasticidad (daN/mm ²)	9.100
Coefficiente de dilatación lineal ($\cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	16,60

Tabla 4. Características cable de guarda.

4.3.3. AISLAMIENTO Y HERRAJES.

En este apartado se especifica el tipo de cadenas a emplear, así como el tipo y número de elementos aisladores que las constituyen.

4.3.3.1. ELEMENTO AISLADOR.

Los aisladores a utilizar responderán a la Norma UNE 21 124, siendo las principales características las siguientes:

CARACTERÍSTICAS ELEMENTO AISLADOR	
Tipo	U 70 BS
Material	Vidrio templado/acero galvanizado
Paso (mm)	127
Diámetro (mm)	255
Carga de rotura (daN)	7000
Línea de fuga (mm)	320
Peso (kg)	3,4

Tabla 5. Características elemento aislador.

4.3.3.2. CADENA DE SUSPENSIÓN DE FASE.

La cadena de suspensión estará formada por 5 aisladores U 70 BS y los herrajes necesarios, cumpliendo éstos con las normas UNE 21 006 y UNE 21 009.

La longitud de la cadena, desde el eje del conductor hasta el punto amarre al apoyo es de 913 mm y la carga mínima de rotura del conjunto es de 7000 daN.

Los herrajes que forman la cadena de suspensión cumplirán con las normas UNE 21 006 y UNE 21 009. A continuación se detallan cada uno de los elementos a instalar:

CADENA DE SUSPENSIÓN FASE
Un grillete normal recto GN-16
Una anilla bola AB11
5 aisladores U 70 BS
Aislador de vidrio U70 BS
Una rótula de vidrio R-11

Tabla 6. Características cadena suspensión de fase.

4.3.3.3. CADENA DE AMARRE DE FASE.

La cadena de amarre estará formada por 5 aisladores y los herrajes necesarios, cumpliendo éstos con las normas UNE 21 006 y UNE 21 009.

La longitud de la cadena, desde el extremo de la grapa de amarre hasta el punto amarre al apoyo es de 894 mm y la carga mínima de rotura del conjunto es de 7000 daN.

Los herrajes que forman la cadena de amarre cumplirán con las normas UNE 21 006 y UNE 21 009. A continuación se detallan cada uno de los elementos a instalar:

CADENA DE AMARRE FASE
Un grillete normal recto GN-16
Una anilla bola AB11
5 aisladores U 70 BS
Aislador de vidrio U70 BS
Una rótula de vidrio R-11

Tabla 7. Características cadena amarre de fase.

Tanto en el pórtico de la subestación de la C.H.B. Irueña como en el apoyo 2, se instalarán alargaderas de 0,4 metros de longitud para evitar que los conductores y herrajes en tensión de la línea se acerquen a menos de 0,6 metros de la estructura del pórtico y apoyo, respectivamente. Esto se debe al pronunciado ángulo al que está sometido la traza en estos puntos.

Además, en el pórtico, se instalará una cadena de suspensión por fase para garantizar que el puente mantenga las distancias mínimas a la estructura.

4.3.3.4. CADENA DE SUSPENSIÓN CABLE GUARDA.

La cadena de suspensión para el cable de guarda estará formada por los siguientes herrajes, cumpliendo éstos con las normas UNE 21 006 y UNE 21 009.

CADENA DE SUSPENSIÓN CABLE DE GUARDA
Un grillete normal recto.
Un eslabón revirado.
Una grapa GSA para cable OPGW.
Una grapa de conexión sencilla para cable de aluminio.
Una grapa conexión universal paralela cable aluminio.

Tabla 8. Características cadena suspensión de guarda.

La carga mínima de rotura de los herrajes es de 9.500 daN

La cadena de suspensión para cruzamientos (coeficiente de seguridad reforzado) será igual a la anterior.

4.3.3.5. CADENA DE AMARRE CABLE GUARDA.

La cadena de amare para el cable de guarda estará formada por los siguientes herrajes, cumpliendo éstos con las normas UNE 21 006 y UNE 21 009.

CADENA DE AMARRE CABLE DE GUARDA
Un grillete normal recto.
Un eslabón revirado.
Un tensor corredera
Una horquilla guardacabos.
Una retención preformada amarre para cable OPGW.
Una grapa de conexión sencilla para cable de OPGW.
Una grapa conexión universal paralela cable aluminio.

Tabla 9. Características cadena amarre de guarda.

La carga mínima de rotura de la cadena es 12.500 daN.

4.3.3.6. CONTRAPESOS.

La línea de la que es objeto este proyecto no es necesaria la instalación de contrapesos.

4.3.4. CAJAS DE EMPALMES DE F.O.

En el apoyo de paso aéreo subterráneo y en aquellos en los que la longitud de la bobina del cable de OPGW así lo requiera, se instalarán cajas de empale del tipo EWMJ de Prysmian o similar, para montaje vertical en el interior de la torre.

La estanqueidad de la entrada de los cables se garantizará realizará son sellos de anillo de neopreno (IP67) y sujetacables.

4.3.5. DISPOSITIVOS SALVAPAJAROS

Según la RESOLUCIÓN de 7 de mayo de 2019, del Servicio Territorial de Economía de Salamanca, por la que se otorga autorización administrativa, aprobación de proyecto y declaración ,en concreto de utilidad pública del proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y las instalaciones de evacuación de la energía generada por la central hidroeléctrica de Irueña a través de la subestación de

Fuenteguinaldo, en los términos municipales del EL Bodón y el Sahugo (Salamanca), se resuelve que:

“Protección de la avifauna: En la nueva línea eléctrica aérea, para las medidas anticolidión se utilizarán sistemas de aspas giratorias en vez de espirales o cintas de neopreno por ser sistemas más efectivos.”

Por tanto, en todo el tramo de la línea se instalarán en el cable de tierra, dispositivos salvapajaros de aspas giratorias cada 10 metros para mejorar su visibilidad y reducir la colisión de las aves. Esto supondrá la instalación de balizas a lo largo de 1.865 metros, lo que se traduce en 187 balizas en total.



Imagen 1. Dispositivos salvapajaros de aspas.

4.3.6. APOYOS.

Los apoyos utilizados para la construcción de la línea estarán compuestos por perfiles angulares de alas iguales totalmente atornillados, de fuste formado por tramos troncopiramidales de sección cuadrada y cabezas de tramos prismáticos rectos. La celosía será doble o simple en función del esfuerzo a soportar.

IMPORTANTE: debido a la necesidad impuesta por el Reglamento de Líneas de Alta Tensión de combinar esfuerzos longitudinales y transversales, la selección propuesta deberá ser contrastada por el fabricante, de acuerdo con el reporte de cargas incluido en el Anejo 3.

Apoyo	Denominación	Tipo	Ángulo (g) centesimales	Seg. Reforzada
1	HAR-7000-24 S1111	FL	197,75	NO
2	C-7000-26 S1551	AM	102,96	NO
3	HA-4500-32 S1332	AM	170,30	SI
4	MI-4000-32 S1222	AM	179,41	SI
5	HA-6000-21 S1332	AM	143,83	SI
6	AGR-14000-18 S2441	AM	103,13	SI
7	MI-1500-22 S1111	AM	200,00	SI
8	C-1000-30 S2441	SU	200,00	NO
9	HAR-5000-22 S1111	AM	143,94	NO
10	MI-1500-20 S1111	AM	200,00	NO
11	C-1000-30 S2441	SU	200,00	SI
12	HAR-9000-24 S1112	FL	131,37	SI

Tabla 10. Listado Apoyos

4.3.7. CIMENTACIONES.

Las cimentaciones de los apoyos a instalar serán las normalizadas por el fabricante. En el cuadro siguiente se indican estas cimentaciones para terrenos medio normal con coeficiente de compresibilidad $K=12(\text{kg}/\text{cm}^3)$. Este valor se debe confirmar una vez realizada la excavación.

Apoyo	Denominación	Tipo de cimentación	h (m)	a (m)	Vtot (m3)	C (m)
1	HAR-7000-24 S1111	Monobloque	2,58	2,35	15,35	
2	C-7000-26 S1551	Monobloque	2,45	2,64	18,47	
3	HA-4500-32 S1332	Monobloque	2,54	2,29	14,37	

Apoyo	Denominación	Tipo de cimentación	h (m)	a (m)	Vtot (m3)	C (m)
4	MI-4000-32 S1222	Monobloque	2,47	2,33	14,5	
5	HA-6000-21 S1332	Monobloque	2,57	1,93	10,32	
6	AGR-14000-18 S2441	Tetrabloque	3,15	1,4	26,39	3,84
7	MI-1500-22 S1111	Monobloque	1,91	1,85	7,22	
8	C-1000-30 S2441	Monobloque	1,91	1,62	5,54	
9	HAR-5000-22 S1111	Monobloque	2,46	1,96	10,22	
10	MI-1500-20 S1111	Monobloque	1,89	1,75	6,4	
11	C-1000-30 S2441	Monobloque	1,91	1,62	5,54	
12	HAR-9000-24 S1112	Monobloque	2,75	2,45	17,71	

Tabla 11. Listado de cimentaciones

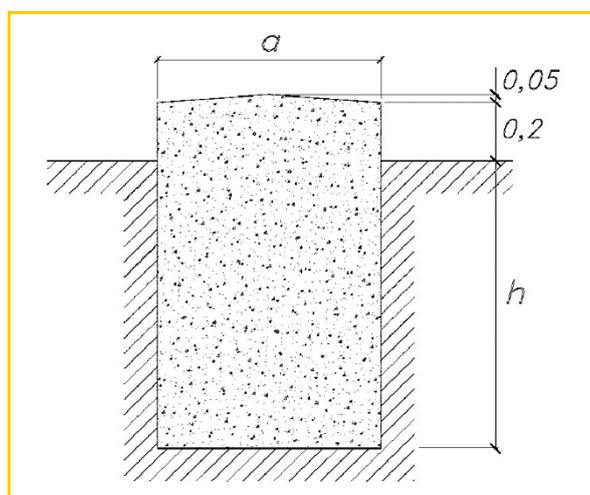


Imagen 2. Esquema cimentaciones monobloque

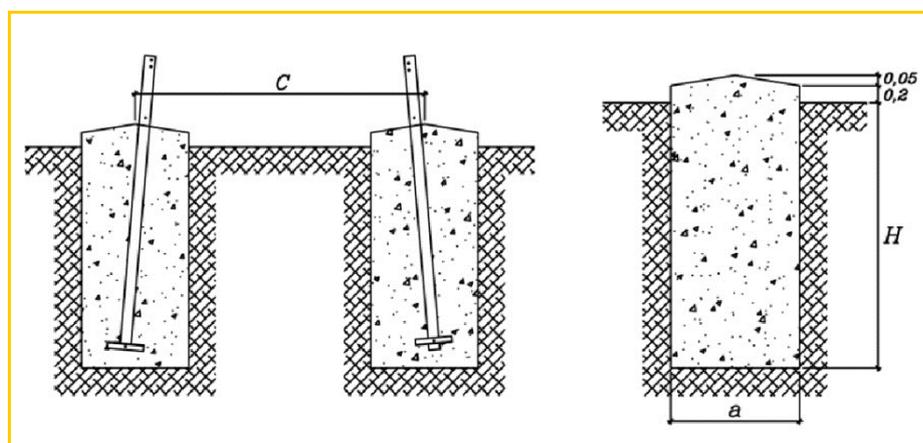


Imagen 3. Esquema cimentaciones tetrabloque cuadrada recta

Si una vez realizada la excavación, se comprueba que la resistencia del terreno es inferior a $2,5 \text{ kg/cm}^2$, se deberá profundizar lo necesario hasta alcanzar el citado valor, rellenando posteriormente con hormigón ciclópeo.

4.3.8. PUESTA A TIERRA.

El sistema de puesta a tierra empleado en cada uno de los apoyos ha de cumplir los siguientes requisitos:

- Resistir los esfuerzos mecánicos y la corrosión.
- Resistir, desde el punto de vista térmico, la corriente de falta más elevada.
- Garantizar la seguridad de las personas con respecto a tensiones que aparezcan durante una falta a tierra en los sistemas de puesta a tierra.
- Proteger de daños a propiedades y equipos y garantizar la fiabilidad de la línea.

Se distinguirán dos tipos de instalaciones de tierra según su ubicación y elementos instalados en el apoyo:

- Apoyos no frecuentados: los situados en lugares aislados o que se ocupan ocasionalmente.
- Apoyos frecuentados: son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente. Los apoyos diseñados para soportar aparatos de maniobra serán considerados frecuentados en lo relativo al diseño de la instalación de puesta a tierra.

A continuación se describen las soluciones adoptadas para cada uno de ellos.

4.3.8.1. APOYOS NO FRECUENTADOS

Los apoyos con cimentación tipo monobloque se conectarán a tierra por medio de una pica de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro en el fondo de la cimentación. Se conectarán al apoyo a través de cable de $AC-50 \text{ mm}^2$ galvanizado o bien cobre desnudo de igual sección, con las grapas necesarias.

Los apoyos con cimentación del tipo 4 patas se conectarán a tierra por medio de dos picas de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro en dos patas situadas diametralmente opuestas. En las dos patas que no disponen de pica de tierra, se instalará un doble anillo de cable de $AC-50 \text{ mm}^2$ galvanizado o cobre desnudo en la base de la cimentación.

La conexión del apoyo a cada pica o anillo se realizará mediante cable de acero galvanizado o bien cobre desnudo de 50 mm^2 mediante grapa de conexión sencilla con fijación a perfil metálico mediante tornillo y tuerca M-12.

4.3.8.2. APOYOS FRECUENTADOS.

No se ha detectado ningún apoyo clasificado como frecuentado.

En el caso de que durante la ejecución de la obra se detectase que en las proximidades de alguno de los apoyos clasificados como no frecuentados, hay un importante acceso de público (por número o tiempo de estancia), se acordará con el director de obra la ejecución de una puesta a tierra para apoyos frecuentados, con las características indicadas en el punto 7.3. de la ITC LAT-07 del RLAT.

4.3.9. ALINEACIONES.

Las coordenadas en proyección UTM (ETRS89 HUSO 29) de los apoyos son las siguientes:

Apoyo Nº	COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30	
	X	Y
Pórtico SET C.H.B. Irueña	705.512,60	4.479.838,84
1	705.499,97	4.479.839,04
2	705.481,97	4.479.838,70
3	705.472,43	4.479.993,40
4	705.515,87	4.480.096,64
5	705.528,29	4.480.255,61
6	705.385,53	4.480.392,80
7	705.208,42	4.480.225,78
8	705.048,77	4.480.075,22
9	704.937,37	4.479.970,17
10	704.770,95	4.479.990,99
11	704.568,47	4.480.016,32
12	704.469,24	4.480.028,73
Pórtico SET Fuenteguinaldo	704.418,08	4.479.956,64

Tabla 12. Coordenadas Apoyos

Las alineaciones resultantes son:

Cable	Desde	A	Voltaje (kV)	Vano de regulación (m)
LA-78.	1	2	45	18
LA-78.	2	3	45	155
LA-78.	3	4	45	112
LA-78	4	5	45	159
LA-78	5	6	45	198
LA-78	6	7	45	243
LA-78	7	9	45	195
LA-78	9	10	45	168
LA-78	10	12	45	177
OPGW 48	1	2	0	18
OPGW 48	2	3	0	155
OPGW 48	3	4	0	112
OPGW 48	4	5	0	159
OPGW 48	5	6	0	198
OPGW 48	6	7	0	243
OPGW 48	7	9	0	195
OPGW 48	9	10	0	168
OPGW 48	10	12	0	177

Tabla 13. Alineaciones

4.3.10. RELACIÓN DE PARALELISMOS Y CRUZAMIENTOS.

4.3.10.1. RESUMEN DE AFECCIONES POR CRUZAMIENTO

A continuación se enumeran los cruzamientos encontrados:

N	Organismo Afectado	Nº Apoyo	Tipo Apoyo	Elemento Cruzado	X	Y	M
CHD 01	CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO	2-3	AM-AM	RÍO ÁGUEDA	705.478,30	4.479.898,28	47,8
YF 01	MUNICIPIO EL BODÓN	3-4	AM-AM	CARRETERA LOCAL	705.492,45	4.480.040,85	57,9
AYF 02	MUNICIPIO EL BODÓN	5-6	AM-AM	CARRETERA LOCAL	705.513,08	4.480.270,22	16,0
AYF 03	MUNICIPIO EL BODÓN	6-7	AM-AM	CARRETERA LOCAL	705.337,33	4.480.347,35	4,6
AYF 04	MUNICIPIO EL BODÓN	6-7	AM-AM	CARRETERA LOCAL	705.291,16	4.480.303,81	9,4
AYF 05	MUNICIPIO EL BODÓN	6-7	AM-AM	CAMINO	705.275,67	4.480.289,20	13,6
CHD 02	CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO	10-11	AM-SU	CAUCE SECO	704.686,38	4.480.001,57	-
LMT 01	IBERDROLA	11-12	SU-FL	LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN	704.488,79	4.480.026,29	-

Tabla 14. Relación de cruzamientos

Siendo,

N: Designación del cruzamiento según organismo afectado.

M: Longitud afectada por el cruzamiento con la línea, en metros.

CHD: Cruzamiento con cursos fluviales dependientes de la Confederación Hidrográfica del Duero.

AYF: Cruzamiento con caminos/carreteras dependientes del Municipio de El Bodón.

LMT: Cruzamiento con líneas dependientes de Iberdrola.

Tipo de Apoyo: La función del apoyo, SU (suspensión), AM (amarre) y FL (final de línea).

4.3.10.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA

4.3.10.2.1. Cruzamiento Nº CHD 01. Río Águeda.

Cruzamiento del río Águeda. Se sitúa entre los apoyos 2 y 3 de la línea en proyecto.

Ambos apoyos son de celosía de acero, de amarre, con dos cadenas de aisladores horizontales por fase.

La cimentación de los dos apoyos es monobloque.

La localización del cruzamiento en coordenadas en proyección UTM (ETRS89 HUSO 30) es:

$$X = 705.478,30$$

$$Y = 4.479.898,28$$

La altura sobre el Río Águeda es de 44,83 m. y la longitud del cruce 47,80 m.

4.3.10.2.2. Cruzamiento Nº AYF 01. Carretera local.

Cruzamiento de una carretera local. Se sitúa entre los apoyos 3-4 de la línea en proyecto.

Ambos apoyos son de celosía de acero, de amarre, con dos cadenas de aisladores horizontales por fase.

La cimentación de los dos apoyos es monobloque.

La localización del cruzamiento en coordenadas en proyección UTM (ETRS89 HUSO 30) es:

$$X = 705.492,45$$

$$Y = 4.480.040,85$$

La altura sobre la carretera es de 26,31 m. y la longitud del cruce 57,90 m.

4.3.10.2.3. Cruzamiento N^o AYF 02. Carretera local.

Cruzamiento de una carretera local. Se sitúa entre los apoyos 5-6 de la línea en proyecto.

Ambos apoyos son de celosía de acero, de amarre, con dos cadenas de aisladores horizontales por fase.

La cimentación del apoyo 5 es monobloque mientras que la del apoyo 6 es tetrabloque.

La localización del cruzamiento en coordenadas en proyección UTM (ETRS89 HUSO 30) es:

$$X = 705.513,08$$

$$Y = 4.480.270,22$$

La altura sobre la carretera es de 15,00 m. y la longitud del cruce 16,00 m.

4.3.10.2.4. Cruzamiento N^o AYF 03. Carretera local.

Cruzamiento de una carretera local. Se sitúa entre los apoyos 6-7 de la línea en proyecto.

Ambos apoyos son de celosía de acero, de amarre, con dos cadenas de aisladores horizontales por fase.

La cimentación del apoyo 6 es tetrabloque mientras que la del apoyo 7 es monobloque.

La localización del cruzamiento en coordenadas en proyección UTM (ETRS89 HUSO 30) es:

$$X = 705.337,33$$

$$Y = 4.480.347,35$$

La altura sobre la carretera es de 13,15 m. y la longitud del cruce 4,60 m.

4.3.10.2.5. Cruzamiento N^o AYF 04. Carretera local.

Cruzamiento de una carretera local. Se sitúa entre los apoyos 6-7 de la línea en proyecto.

Ambos apoyos son de celosía de acero, de amarre, con dos cadenas de aisladores horizontales por fase.

La cimentación del apoyo 6 es tetrabloque mientras que la del apoyo 7 es monobloque.

La localización del cruzamiento en coordenadas en proyección UTM (ETRS89 HUSO 30) es:

$$X = 705.291,16$$

$$Y = 4.480.303,81$$

La altura sobre la carretera es de 21,82 m. y la longitud del cruce 9,40 m.

4.3.10.2.6. Cruzamiento N^o AYF 05. Camino.

Cruzamiento de un camino. Se sitúa entre los apoyos 6-7 de la línea en proyecto.

Ambos apoyos son de celosía de acero, de amarre, con dos cadenas de aisladores horizontales por fase.

La cimentación del apoyo 6 es tetrabloque mientras que la del apoyo 7 es monobloque.

La localización del cruzamiento en coordenadas en proyección UTM (ETRS89 HUSO 30) es:

$$X = 705.275,67$$

$$Y = 4.480.289,20$$

La altura sobre la carretera es de 23,67 m. y la longitud del cruce 13,60 m.

4.3.10.2.7. Cruzamiento Nº CHD 02. Cauce seco.

Cruzamiento de un cauce seco. Se sitúa entre los apoyos 10-11 de la línea en proyecto.

Ambos apoyos son de celosía de acero, el número 10 de amarre, con dos cadenas de aisladores horizontales por fase y el número 11 de suspensión, con tres cadenas de aislamiento verticales.

La cimentación de los dos apoyos es monobloque.

La localización del cruzamiento en coordenadas en proyección UTM (ETRS89 HUSO 30) es:

$$X = 704.686,38$$

$$Y = 4.480.001,57$$

La altura sobre el cauce es de 26,97 m.

4.3.10.2.8. Cruzamiento Nº LMT 01.

Cruzamiento de una línea aérea de media tensión. Se sitúa entre los apoyos 11-12 de la línea en proyecto.

Ambos apoyos son de celosía de acero, el número 11 de suspensión, con tres cadenas de aislamiento verticales y el número 12 final de línea, con dos cadenas de aisladores horizontales por fase.

La cimentación de los dos apoyos es monobloque.

La localización del cruzamiento en coordenadas en proyección UTM (ETRS89 HUSO 30) es:

$$X = 704.488,79$$

$$Y = 4.480.026,29$$

La altura sobre el conductor es de 7,66 m.

5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

En el Documento nº 5 se incluye el Estudio de Seguridad y Salud del Proyecto. El Estudio de Seguridad y Salud establece durante la construcción de obras, las previsiones respecto a la presencia de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados del trabajo de reparación, conservación y mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora en el campo de la prevención de riesgos profesionales, para la elaboración del Plan de Seguridad y Salud, en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio.

El Presupuesto de Seguridad y Salud asciende a la expresada cantidad de TRECE MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS CON VEINTICINCO CÉNTIMOS (13.997,25 €).

6. PRESUPUESTO.

En el documento nº 3 “Presupuesto”, se incluyen las Mediciones y el Presupuesto de la obra.

Presupuesto de Ejecución Material:

Capítulo	Importe
1. Suministro y Montaje	156.715,59 €
2. Pruebas y Ensayos	2.500,00 €
3. Estudio de Seguridad y Salud	13.997,25 €
4. Gestión de residuos	5.493,02 €
5. Valoración de efectos ambientales	31.817,62 €
Total	210.523,48 €

Asciende el Presupuesto de Ejecución Material a la cantidad de DOSCIENTOS DIEZ MIL QUINIENTOS VEINTITRES EUROS CON CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS (210.523,48 €).

Presupuesto de Ejecución por Contrata:

Presupuesto de Ejecución Material	210.523,48 €
Gastos generales (13%)	27.368,05 €
Beneficio industrial (6%)	12.631,41 €
Total	250.522,94 €

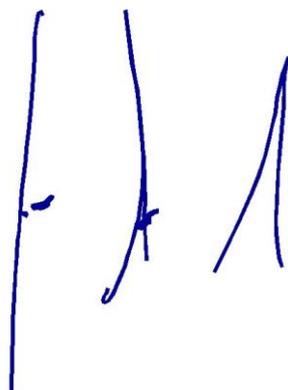
Asciende el total del Presupuesto de Ejecución por Contrata a la expresada cantidad de DOSCIENTOS CINCUENTA MIL QUINIENTOS VEINTIDOS EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (250.522,94 €).

7. CONSIDERACIÓN FINAL

Se considera que en el presente Proyecto, se definen con el detalle suficiente las obras e instalaciones necesarias para la realización de la Línea de Alta Tensión a 45 kV entre la Subestación de la C.H. Irueña y la SET Colectora Fuenteguinaldo, habiéndose seguido a la hora de su redacción, las reglamentaciones vigentes sobre la materia y las normas particulares de la Propiedad.

A Coruña, Diciembre de 2022

El Ingeniero Industrial



Jorge Núñez Ares
Colegiado 1.102 ICOIIG

ANEJOS CONSIDERACIONES GENERALES

ANEJO AG-0. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....1

APÉNDICE 01 RESOLUCIÓN de 13 de febrero de 2019, de la Delegación Territorial de Salamanca, por la que se hace público el informe de impacto ambiental del proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña

APÉNDICE 02 RESOLUCIÓN de 7 de mayo de 2019, del Servicio Territorial de Economía de Salamanca, por la que se otorga autorización administrativa, aprobación de proyecto y declaración, en concreto, de utilidad pública del proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y las instalaciones de evacuación de la energía generada por la central hidroeléctrica de Irueña a través de la subestación de Fuenteguinaldo, en los términos municipales de El Bodón y El Sahugo (Salamanca), promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero. Expte.: ATLI-13.669

APÉNDICE 03 PUBLICACIÓN EN EL BOLETÍN OFICIAL DE LA PROVINCIA. RESOLUCIÓN de 7 de mayo de 2019, del Servicio Territorial de Economía de Salamanca, por la que se otorga autorización administrativa, aprobación de proyecto y declaración, en concreto, de utilidad pública del proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y las instalaciones de evacuación de la energía generada por la central hidroeléctrica de Irueña a través de la subestación de Fuenteguinaldo, en los términos municipales de El Bodón y El Sahugo (Salamanca), promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero. Expte.: ATLI-13.669

APÉNDICE 04 CORRECCIÓN de errores de la Resolución de 7 de mayo de 2019, del Servicio Territorial de Economía de Salamanca, por la que se otorga autorización administrativa, aprobación de proyecto y declaración, en concreto, de utilidad pública del proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la Presa de Irueña y las instalaciones de evacuación de la energía generada por la Central Hidroeléctrica de Irueña a través de la subestación de Fuenteguinaldo, en los términos municipales de El Bodón y El Sahugo (Salamanca), promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero. Expte.: ATLI-13.669

1. ANTECEDENTES

La presa de Irueña ha sido construida por el Estado en el curso medio-alto del río Águeda, en la provincia de Salamanca, entre los términos municipales de El Bodón y El Sahugo; y pertenece a la CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO. Las obras comenzaron en 1997 y finalizaron en el año 2003. El fin principal del embalse es regular el río Águeda y evitar así las inundaciones que sufre cíclicamente el pueblo de Ciudad Rodrigo.

El 10 de junio de 2015 la CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO (C.H.D.) y el INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE) firmaron un Convenio de Colaboración para la realización de un Estudio de Viabilidad y de los Proyectos Básicos del Aprovechamiento Hidroeléctrico de la Presa de Irueña.

En julio de 2015, IDAE llevó a cabo una licitación pública para la adjudicación de dichos trabajos, adjudicándose finalmente a la empresa INGENIERÍA CIVIL INTERNACIONAL, S.A. (INCISA), finalizando los trabajos en abril de 2017 y concluyendo favorablemente su viabilidad técnica y económica y entregando los siguientes proyectos administrativos:

- “PROYECTO BÁSICO LÍNEA DE INTERCONEXIÓN, de fecha mayo de 2016”.
- “PROYECTO BÁSICO ELECTROMECAÁNICO, de fecha febrero de 2017”.
- “PROYECTO BÁSICO DE OBRA CIVIL, de fecha febrero de 2017”.
- “ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y RELACION DE AFECTADOS, de fecha febrero de 2017”.

En base a estos proyectos y según establece en el Convenio de Colaboración, la CHD ha tramitado y obtenido las siguientes autorizaciones necesarias para el inicio de las obras de ejecución de la central hidroeléctrica de Irueña:

- RESOLUCIÓN FAVORABLE de 13 de febrero de 2019, de la Delegación Territorial de Salamanca, por la que se hace público el informe de impacto ambiental del proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña.
- PUNTO DE ACCESO Y CONEXIÓN de la compañía eléctrica distribuidora otorgando las condiciones técnicas para la conexión de la CH Irueña con una potencia de 4,5 MW a la STR Fuenteguinaldo. Abril 2017.
- AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA PREVIA DEL ANTEPROYECTO ELECTROMECAÁNICO PARA EL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DE LA PRESA DE IRUEÑA Y LAS INSTALACIONES DE EVACUACIÓN de la energía generada por la central hidroeléctrica de Irueña a través de la subestación de Fuenteguinaldo, en los términos municipales de El Bodón y El Sahugo (Salamanca), promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero, de fecha 7 de mayo de 2019.
- Con fecha 24 de septiembre de 2020, se firmó el Convenio entre la Confederación Hidrográfica del Duero O.A. (C.H.D.) y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía E.P.E. (IDAE) para el proyecto y construcción de la Central Hidroeléctrica de Irueña (Salamanca), publicándose posteriormente la resolución en el BOE nº 284 de fecha 27 de octubre de 2020.

- El 29 de enero de 2021, en aplicación de la disposición adicional tercera del Real Decretoley 15/2018, de 5 de octubre, se firmó un contrato de encargo entre la CHD, IDAE e I-DE REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES, S.A.U. para la construcción de las instalaciones necesarias para el refuerzo de red de distribución existente asociadas a la STR Fuenteguinaldo (Salamanca) que permita la conexión a dicha red de la instalación de generación de la denominada CH de Irueña.

A fin de garantizar el correcto desarrollo y cumplimiento del citado Convenio, se ha constituido paritariamente una Comisión mixta de Seguimiento, vigilancia y control, compuesta por dos representantes de IDAE y dos de la CHD. Esta Comisión, de acuerdo con lo establecido en el artículo 49.1f). de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, es el instrumento acordado por las partes para el seguimiento, vigilancia y control del Convenio y que entre sus funciones se encuentran:

- Conocer y aprobar cualesquiera proyectos de ejecución que afecten a las instalaciones que integran el proyecto,
- Valorar, decidir y aprobar el, contenido de los pliegos de bases que regirán los mismos y aprobar los resultados de las valoraciones de ofertas realizadas por IDAE. «E.P.E».
- Aprobar, de forma previa a su formalización, los términos de las actas de recepción provisional de equipos e instalaciones, e inicio de explotación de la Central.
- Aprobar, de forma previa a su formalización, los términos de las actas de recepción y puesta en marcha de las instalaciones.
- Ser el órgano de responsabilidad máximo de todas las decisiones durante todas las fases del Convenio.

Igualmente, para el mejor seguimiento y control del convenio y de sus diferentes fases, se ha creado una Comisión Ejecutiva, compuesta por un representante de IDAE y otro de la CHD y que será la encargada de, entre otras, las siguientes funciones:

- Coordinar los trabajos, para llevar a cabo la ejecución y puesta en marcha de la Central de acuerdo con la planificación establecida.
- Mantener actualizada la planificación del proyecto incorporando las modificaciones que se requieran en función de las necesidades.
- Decidir sobre todos los aspectos del desarrollo y recepción de los trabajos para la redacción del proyecto de construcción (fase 1ª), pudiendo presentar propuestas a la Comisión de Seguimiento.
- Decidir sobre todos los aspectos del desarrollo y recepción de las obras (fase 2ª), pudiendo presentar propuestas a la Comisión de Seguimiento.
- Coordinar y supervisar los trabajos de explotación, operación y mantenimiento (fase 4ª), a realizar por la CHD «O.A.», con el fin de obtener el máximo aprovechamiento de la Central.

Así las cosas, en fecha 21 de abril de 2022 el IDAE adjudica a AIN active el contrato para la realización de los trabajos de ingeniería para la construcción y puesta en marcha de la central

hidroeléctrica de pie de presa del embalse de Irueña, situada en el río Águeda, en la provincia de Salamanca, entre los términos municipales de El Bodón y El Sahugo.

Los trabajos a realizar consisten en la definición de los proyectos constructivos para obtención de la autorización administrativa de construcción (a partir de los proyectos básicos administrativos existentes), la preparación de los pliegos para la licitación del contrato de obras, montajes y suministros, así como el análisis y valoración de las ofertas recibidas en dichas licitaciones. Una vez contratadas las obras y suministros, corresponderá al adjudicatario las labores de supervisión de la ingeniería de detalle y dirección facultativa de obras y montajes electromecánicos, coordinación de seguridad y salud y pruebas y puesta en marcha de la central hidroeléctrica y finalmente la revisión y validación de toda la documentación generada en el proyecto.

Se adjunta la resolución favorable de la Delegación Territorial de Salamanca por la que se hace público el Informe de Impacto Ambiental del proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico de Irueña, y las autorizaciones administrativas vigentes hasta la fecha.

APÉNDICE 01 RESOLUCIÓN de 13 de febrero de 2019, de la Delegación Territorial de Salamanca, por la que se hace público el informe de impacto ambiental del proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña



I. COMUNIDAD DE CASTILLA Y LEÓN

D. OTRAS DISPOSICIONES

CONSEJERÍA DE FOMENTO Y MEDIO AMBIENTE

Servicio Territorial de Medio Ambiente de Salamanca

RESOLUCIÓN de 13 de febrero de 2019, de la Delegación Territorial de Salamanca, por la que se hace público el informe de impacto ambiental del proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña, promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero, ubicada en los términos municipales de El Saugo, El Bodón y Fuenteguinaldo (Salamanca). Expte.: EIA-SA-18-08 (S).

En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 47.3 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental y en el artículo 59 del Texto refundido de la Ley de Prevención Ambiental de Castilla y León, aprobado por el Decreto Legislativo 1/2015, de 12 de noviembre; se hace público, para general conocimiento, el Informe de Impacto Ambiental por el que se determina que no tiene efectos significativos sobre el Medio Ambiente el proyecto de «aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña», promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero, ubicada en los TT.MM. de El Saugo, El Bodón y Fuenteguinaldo.

Esta Delegación Territorial, es el órgano administrativo de medio ambiente competente para ejercer en el ámbito de la Comunidad de Castilla y León, las funciones fijadas en el artículo 11.2 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental, en virtud del Art. 52.2 del texto refundido de la Ley de Prevención Ambiental de Castilla y León, aprobada por D.Lvo. 1/2015, de 12 de noviembre.

Salamanca, 13 de febrero de 2019.

El Delegado Territorial,
Fdo.: BIENVENIDO MENA MERCHÁN

ANEXO QUE SE CITA**RESOLUCIÓN POR LA QUE SE FORMULA EL INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DE «APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DE LA PRESA DE IRUEÑA», PROMOVIDO POR IDAE Y CONFEDERACIÓN HIDRÓGRAFICA DEL DUERO, UBICADA EN LOS TT.MM. DE EL SAUGO, EL BODÓN Y FUENTEGUINALDO. EIA-SA-18-08 (S)**

El artículo 7.2 apartado a) de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental, establece que los proyectos comprendidos en el Anexo II serán objeto de una Evaluación de Impacto Ambiental Simplificada, en la que el órgano ambiental determinará si dicho proyecto debe someterse a una Evaluación de Impacto Ambiental Ordinaria o por el contrario no tiene efectos significativos sobre el medio ambiente. La decisión debe ser motivada y pública y se ajustará a los criterios establecidos en el Anexo III.

El proyecto arriba referenciado se somete a Evaluación de Impacto Ambiental Simplificada, por encontrarse en el Anexo II Grupo 4. Industria energética, letra d).

d) Instalaciones para la producción de energía hidroeléctrica.

1.– *Objeto y descripción del proyecto.*

El proyecto tiene como objeto el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y para ello se busca la solución más adecuada desde el punto de vista técnico económico y ambiental.

La presa de Irueña, se localiza entre los términos municipales de El Sahugo, El Bodón y Fuenteguinaldo, unos 500 m aguas abajo de la confluencia de los ríos Águeda y Maya. La minicentral que se proyecta se localizará a pie de la presa, en su margen derecha y cuenta con las siguientes infraestructuras:

- Tubería forzada, de unos 220 m de longitud, enterrada en su mayor parte y Ø 2 m y que parte de una toma hidroeléctrica ya construida.
- Casa de máquinas, para la implantación de dos grupos turbo generadores de tipo Francis, de dimensiones reducidas (33x17) m.
- Dado que la tensión de generación de los grupos se establece en 6 kV, se hace necesaria la construcción en las inmediaciones de la casa de máquinas de una subestación transformadora (SE. Irueña) que eleve a 45 kV la tensión de generación de los grupos.
- Línea de evacuación (Línea eléctrica aérea de alta tensión - LEAT):
 - Longitud: 1.842 m desde la nueva subestación eléctrica hasta la subestación de Fuenteguinaldo, ya existente.
 - Tensión nominal 45 kV.
 - Apoyos de celosía.
 - Crucetas tipo tresbolillo atirantado.
- Caminos de acceso a la casa de máquinas.

En base al estudio de viabilidad técnico - económico del aprovechamiento hidroeléctrico de la Presa de Irueña, se deduce que el caudal de equipamiento óptimo es de 15,40 m³/s, correspondiente al funcionamiento simultáneo de dos grupos de generación dispares de 11,0 y 4,40 m³/s. Con el salto bruto disponible que es de 66,50 m, que es la diferencia de cota entre la toma y la cota en el nivel de agua de descarga y el caudal óptimo de diseño, la máxima potencia inyectable se establecía en 8,391 MW, pero según el titular de la subestación de Fuenteguinaldo, por incapacidad técnica dicha potencia no puede ser absorbida por la subestación, por lo que finalmente se reduce de 8,391 MW a 4,5 MW la máxima potencia inyectable.

2.- Documentación presentada.

El Documento Ambiental presentado, realiza un análisis de alternativas, descartando la Alternativa 0, que supondría desaprovechar el potencial hidráulico de la infraestructura, frente a otras alternativas basadas en los siguientes aspectos: el tipo de equipamiento hidráulico y en el trazado de la línea eléctrica de evacuación.

En cuanto al tipo de equipamiento se plantean 3 hipótesis o alternativas, optándose por la 2.^a hipótesis, consistente en la puesta de dos turbinas tipo FRANCIS, una principal y la segunda más pequeña dimensionada para un porcentaje del caudal máximo de la principal en base a que ofrece una flexibilidad de operación suficiente y el coste económico es intermedio entre las otras dos. En cuanto a las alternativas de trazado el principal criterio utilizado para la selección final ha sido la longitud del trazado, que para la Alternativa 1 fue de 1.842 m, frente a los más de 2.100 m que presentaba la Alternativa 2.

El Documento ambiental incluye un pequeño análisis del medio afectado, se realiza una identificación y valoración de los impactos más significativos, en su mayor parte valorado como compatibles y en algún caso como moderado, aquellos que afectan a los ciclos biológicos, la dinámica fluvial y a la avifauna por causa del tendido eléctrico. Se proponen toda una serie de medidas preventivas y correctoras que minimizarán dichos impactos, tanto en la fase de construcción como en la de explotación. Finalmente se plantea un programa de vigilancia ambiental, bastante completo y detallado que garantiza el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras propuestas.

3.- Tramitación y consultas.

El 10 de abril de 2018, tiene entrada el Documento Ambiental denominado por el promotor como Estudio de Impacto Ambiental, para la tramitación de la evaluación de impacto ambiental simplificada del proyecto básico de aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 46 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental y tras la remisión de la solicitud de inicio, el Proyecto y el Documento Ambiental por parte del Servicio Territorial de Economía, se procedió por el Servicio Territorial de Medio Ambiente de Salamanca a la apertura del trámite de consultas a las Administraciones públicas afectadas y a las personas interesadas que se relacionan en la siguiente tabla. La relación de los consultados así como los informes recibidos se reflejan en la misma:

ADMINISTRACIONES Y/O PERSONAS INTERESADAS	CONTESTACIÓN
Ayuntamiento de El Sahugo	
Ayuntamiento de El Bodón	
Ayuntamiento de Fuenteguinaldo	
Diputación Provincial de Salamanca	X
Confederación Hidrográfica del Duero	X
S. T. de Cultura y Turismo de la J.C. y L. en Salamanca	X
S.T. de Agricultura y G. de la J.C. y L. en Salamanca	
S.T. de Fomento de la J.C. y L. en Salamanca	
S.T. de Sanidad y B. S. de la J.C. y L. en Salamanca	X
S.T. de Economía de la J.C. y L. en Salamanca	X
Secretaría Territorial - Sección de Protección Civil	
S.T. de M.A. (Área de Gestión Forestal)	X
S.T. de M.A. (Sección de Protección Ambiental)	X
Ecologistas en Acción de Salamanca	X

Cabe destacar que el Servicio Territorial de Medio Ambiente emite varios informes. En un primer informe de fecha 23 de julio de 2018, se solicita al promotor que estudie la posibilidad técnica para la restitución de la continuidad longitudinal del río Águeda. Tras la contestación del promotor, que es remitida a través del Servicio Territorial de Economía el 17 de diciembre de 2018 y completada con nuevo informe de fecha 23 de enero de 2019, en el que se justifica la inviabilidad técnica ni económica de dicha actuación, se informa de nuevo, dejando sin efecto la restitución del cauce y manteniendo el cumplimiento del resto de las condiciones y consideraciones del IMENA (informe de afección al medio natural que incluye el IRNA informe de afección a Red Natura 2000). Todas ellas han sido tenidas en cuenta en el presente Informe de Impacto Ambiental.

El informe de Confederación detecta una serie de deficiencias en la documentación, presentada en relación con la consideración de los caudales ecológicos que será necesario revisar, así como el tema de planos, todo ello se pone como condicionado en el Informe de Impacto Ambiental.

Ecologistas en Acción insisten en que el órgano sustantivo debería ser la propia Confederación, que es la que otorga la concesión y por tanto el impacto debería ser a nivel de la Administración Central. Alegación que ya ha sido contestada en varias ocasiones por el Ministerio con competencias medioambientales, considerando que el órgano sustantivo debe ser el que ostente las competencia para el uso que se va a dar al agua, en este caso el uso es industrial (producción de energía).

3.- Análisis según los criterios del Anexo III (según nueva redacción de la Ley 9/2018, 5 de diciembre).

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

Dimensión y diseño del proyecto: El hecho de contar con una presa ya existente, reduce considerablemente los posibles impactos del aprovechamiento hidroeléctrico, que se reducen a la construcción de la tubería de conducción de 220 m, el edificio de máquinas donde se ubican las turbinas de producción, situada aguas abajo de la presa y la de la línea de evacuación hasta la subestación, cuya longitud prevista es de aproximadamente 2 km. Según el proyecto la producción máxima con las dos turbinas sería de 8,391 MW,

pero dado que el punto de conexión (subestación de Fuenteguinaldo) no puede asumir dicha potencia eléctrica, se optó por reducir la misma a 4,5 MW, que si es asumible sin que se produzcan sobrecargas en la subestación.

El proyecto de forma global en base a la producción y longitud de la línea eléctrica, podemos considerarlo como un proyecto de dimensiones reducidas.

Acumulación con otros proyectos: El aprovechamiento hidroeléctrico más próximo se encuentra aguas abajo del río Águeda a 4,78 km, denominado el Molino de Andrés, por lo cual dada la lejanía entre ambos proyectos no se considera que puedan tener efectos acumulativos.

Utilización de recursos naturales: El principal recurso a utilizar es el agua, que ya se encuentra embalsada con la presa existente (Iruña) y que será turbinada para la producción de energía eléctrica. Se garantizará en todo momento el mantenimiento de los caudales ecológicos, conforme a las condiciones establecidas en el informe de la propia Confederación, de esta forma se asegurará el mantenimiento de los ecosistemas aguas abajo de la central. Por otro lado el uso del agua para la generación de energía se puede considerar como una gestión del agua beneficiosa para el medio ambiente, por eso la energía hidroeléctrica es considerada una energía renovable.

Generación de residuos: Se producirán principalmente durante la fase de obras, durante la construcción de la casa de máquinas, la subestación y las conducciones. Se producirá polvo y residuos de construcción y demolición y durante la fase de explotación los residuos que se producirán serán, los asociados al mantenimiento de las instalaciones. Será necesario una correcta gestión de todos ellos para evitar posibles impactos.

Contaminación y otras perturbaciones: Este tipo de proyectos no supone en principio ningún riesgo de contaminación, salvo los riesgos potenciales de contaminación de suelos o del agua por vertido accidental de la maquinaria, cuya probabilidad es muy baja y mitigables con medidas de protección y el establecimiento de zonas habilitadas para los trabajos de mantenimiento.

En cuanto al ruido, será el generado por las obras y posteriormente por la turbinas en la fase de explotación que deberá ajustarse a la Ley del ruido.

Riesgos de accidente graves y/o catástrofes: El proyecto actual no supone en principio ningún tipo de accidentes graves, contando con medidas de seguridad que incorporan un mecanismo de automatismo que garantizan la abertura de los órganos desagüe de la presa en caso de avería o corte eléctrico en los equipos.

Riegos para la salud humana: No se prevé en principio ningún tipo de riesgos para la salud humana.

UBICACIÓN DEL PROYECTO.

Uso presente del suelo: Dado que la actuación se realiza sobre la propia presa, luego estará directamente sobre zona de Dominio Público Hidráulico y el uso está ligado directamente al embalse de Iruña y su zona de influencia.

Salvo los 2 km de tendido eléctrico, el resto de instalaciones hidroeléctricas tienen una ocupación muy reducida y limitada a pie de presa y ubicadas entre la cerrada de

Irueña y la presa colchón existente, localizada a 200 m aguas abajo de esta, por lo que no se ha previsto que se deje ningún tramo del río «en seco» durante la explotación del sistema.

En cuanto a la *abundancia relativa, la calidad y capacidad regenerativa de los recursos en la zona y su subsuelo*: El embalse y la presa existente, que ya fueron evaluados en su día, son los que causaron una fuerte transformación de los ecosistemas de la zona y en especial sobre los ríos Águeda y Mayas, el proyecto actual se ubica en una zona ya afectada por este tipo de infraestructuras, con una capacidad de regeneración muy difícil y muy a largo plazo.

La capacidad de absorción del medio natural, teniendo en cuenta las posibles figuras de protección ambiental que puedan verse afectadas, se puede señalar que:

- El proyecto está justo en el límite del ZEC El Rebollar (ES4150032), espacio incluido en Red Natura 2000.
- No se encuentra incluido dentro de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Castilla y León.
- El proyecto se ubica dentro del ámbito de aplicación del Plan de Recuperación de la Cigüeña negra en Castilla y León, pero no coincide con Área Crítica para la especie.
- En relación con el cumplimiento de lo previsto en el artículo 4, punto 3, del Decreto 63/2007, de 14 de junio, por el que se crean el Catálogo de Flora Protegida de Castilla y León y la figura de protección denominada Microrreserva de Flora, se hace constar que, consultada la información disponible en la Consejería, en el ámbito de aplicación se ha constatado la presencia de los siguientes taxones, todos ellos de atención preferente pero con distinta calidad de la cita (cuadrículas entre 1-10 km²).

Catálogo de Flora Protegida:	Catálogo	Calidad cita*
<i>Spiranthes aestivalis</i> (Poiret) L. C. M. Richard	3 Atenc. Pref.	2
<i>Thymelaea procumbens</i> A. Fern. & R. Fern.	3 Atenc. Pref.	2
<i>Orchis conica</i> Willdenow	3 Atenc. Pref.	1
<i>Thymus caespititius</i> Brot.	3 Atenc. Pref.	2

- No existe coincidencia territorial con ningún monte de Utilidad Pública, si bien el más cercano, el MUP N.º 34 «Dehesa de Abajo» de Robleda, se encuentra a 700 m de distancia en su punto más cercano, a la nueva LEAT.
- En cuanto a la superficie forestal afectada por las obras se corresponde con vegetación mayoritariamente constituida por formaciones de rebollo (*Quercus pyrenaica*) y encina (*Quercus ilex*) con matorral compuesto por distintas especies de leguminosas, predominando *Genista* sp. y *Cytisus* sp., por lo que a efectos legales tiene la consideración de monte. El proyecto contempla la necesidad de proceder a la corta de entre 15 y 20 ejemplares arbóreos de roble y encina.

- Junto al emplazamiento objeto de la actuación, existen los siguientes *Hábitats de Interés Comunitario* (HIC) incluidos en el Anexo I de la Ley 42/2007 de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad:
 - 4090 Brezales oromediterráneos endémicos con aliaga.
 - 6310 De *Quercus suber* y/o *Quercus ilex*.
 - 91E0* (91E.2) Alisedas de ríos con orillas fangosas procedentes de avenidas.
 - 9230 Robledales galaico-portugueses con *Quercus robur* y *Quercus pyrenaica*.
- En cuanto a las especies incluidas en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (Anexos II, VI y V), presentes en el ámbito del proyecto, en el Listado de Especies Silvestre en Régimen de Protección Especial (LESPE) y Catálogo Español de Especies Amenazadas (CEA):

Entre la fauna piscícola podemos encontrar barbo común (*Barbus bocagei*), la trucha común (*Salmo trutta*), colmilleja del Alagón (*Cobitis vettonica*), boga del Duero (*Chondrostoma duriense*) y calandino (*Squalius alburnoides*). Los tres últimos se encuentran incluidos en el Anexo II de la Ley 42/2007 y en la Directiva 92/43/CEE, la colmilleja del Alagón, con presencia en el río Águeda, está en la Lista Roja de la UICN catalogada como En Peligro.

De los mamíferos presentes destacan la nutria (*Lutra lutra*) y el gato montés (*Felis silvestris*). Estas especies están recogidas en los Anexos II y V de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad y están incluidos en el LESPE.

En el entorno de la minicentral está citado el invertebrado *Margaritifera margaritifera*, especie catalogada *En Peligro de Extinción* en el Catálogo Español de Especies Amenazadas. Esta especie es dependiente, para completar su ciclo biológico, de las poblaciones de truchas (*Salmo trutta*).

Las aves presentes son el milano real (*Milvus milvus*) catalogado como *En Peligro de Extinción* en el CEA, también se pueden localizar cigüeña negra (*Ciconia nigra*) y alimoche (*Neophron percnopterus*), catalogados ambos como Vulnerable en el CEA, y otras como águila real (*Aquila chrysaetus*), milano negro (*Milvus migrans*), águila calzada (*Hieraaetus pennatus*) y culebrera europea (*Circaetus gallicus*), todas incluidas en el LESPE.

Es destacable la presencia en el área del milano real (*Milvus milvus*), especie asociada a lugares arbolados, tal y como es el caso. Su presencia en el ámbito del proyecto abarca todo el año, albergando una población reproductora e invernante importante. Las electrocuciones en apoyos eléctricos se identifican como una de las principales causas de mortalidad de origen antrópico del milano real en Castilla y León.

Con respecto a la herpetofauna, la zona objeto de actuación alberga poblaciones de galápago europeo y leproso cuyas poblaciones a nivel de la Comunidad de Castilla y León vienen sufriendo un fuerte declive (Alarcos et al, 2006). Las causas achacadas a este declive, que pueden relacionarse con las consecuencias de la

actividad aquí analizada, son la fragmentación de los medios y especialmente la degradación de su hábitat (alteración, desecación de los medios, contaminación) (Pleguezuelos *et al.*, 2002).

- No hay constancia de la presencia de ejemplares incluidos en el Catálogo Regional de Árboles Notables en el área de influencia del proyecto.
- Vía pecuaria: No hay afección.
- Tampoco afecta a Zonas Húmedas Catalogadas.

No existe constancia de que la zona haya superado los objetivos de calidad medioambiental. Asimismo la zona tampoco puede calificarse como área de gran densidad demográfica la suma de los habitantes de los tres municipios más próximos es de 1.154 habitantes.

Asimismo en cuanto a la posible afección al patrimonio cultural, según el informe el Servicio Territorial de Cultura, en el ámbito del proyecto fue objeto de un prospección arqueológica en 1998, con motivo de la construcción del embalse de Irueña y no se localizó ningún elemento del patrimonio arqueológico o etnológico.

CARACTERÍSTICAS DEL POTENCIAL IMPACTO.

El proyecto produce un impacto ambiental localizado en el espacio, no presentando carácter transfronterizo. Salvo el impacto producido en su día por la construcción de la presa, que ha supuesto una barrera infranqueable para la fauna piscícola, en el proyecto actual no se prevén impactos significativos sobre las aguas superficiales ni sobre la fauna acuática del río Águeda al mantenerse el vertido de los caudales ecológicos establecidos y no dejando ningún tramo del río «en seco». Además, y del lado de la seguridad, el proyecto ha incorporado un mecanismo de automatismo que garantiza la abertura de los órganos de desagüe de la presa en caso de avería o corte eléctrico en los equipos.

La magnitud del mismo se puede considerar asumible. Por el momento se considera que la zona cuenta con suficiente capacidad de acogida y los posibles impactos residuales del proyecto serán eliminados o minimizados con una serie de medidas correctoras.

Por todo ello considerado adecuadamente tramitado el expediente y de acuerdo con lo establecido en el Art. 47 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental, teniendo en cuenta el resultado de las consultas realizadas y siguiendo los criterios del Anexo III de la citada Ley y vista la Propuesta de la Comisión Territorial de Medio Ambiente y Urbanismo de Salamanca en su reunión de fecha 12 de febrero de 2019 el órgano ambiental:

RESUELVE

1.º– Determinar que el Proyecto de «APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DE LA PRESA DE IRUEÑA», promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero, **NO TIENE EFECTOS SIGNIFICATIVOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE**, en los términos establecidos en el presente Informe de Impacto Ambiental, por los motivos expuestos anteriormente y sin perjuicio de otra normativa vigente que sea de aplicación.

2.º– *Afección a Red Natura 2000 y otros valores naturales.*– Según el informe emitido el por el Servicio Territorial de Medio Ambiente de Salamanca, se concluye que tras estudiar la ubicación de las actuaciones previstas y comprobar su coincidencia con la Red Natura 2000, y una vez analizadas y valoradas las mismas, se considera realizada la evaluación requerida por el artículo 2 del Decreto 6/2011, de 10 de febrero, concluyéndose que las actuaciones proyectadas, ya sea individualmente o en combinación con otros proyectos no causarán perjuicio a la integridad del siguiente lugar incluido en Red Natura 2000: ZEC *El Rebollar* (ES4150032), siempre y cuando se cumplan las condiciones establecidas expuestas en el presente Informe, que constituyen el Informe de Evaluación de la Repercusiones sobre la Red Natura 2000 (IRNA) tal y como se define en el artículo 5 Decreto 6/2011, de 10 de febrero.

3.º– *Medidas protectoras.*– Las medidas preventivas, correctoras a efectos ambientales, a las que queda sujeta la ejecución y posterior fase de funcionamiento del presente proyecto, son las siguientes, además de las contempladas en el Estudio de Impacto Ambiental de fecha febrero de 2017 considerado en este expediente como Documento Ambiental, y siempre que no contradigan a las que se exponen a continuación:

- a) *Protección de las aguas:* Para el mantenimiento del régimen de caudales ecológicos se deberá emplear los caudales que sean hidrológicamente compatibles con el régimen natural de la masa de agua afectada y se deberán usar los que dispone la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Duero para la masa de agua 200687-Embalse de Irueña, en su punto final, que coincidiría con el inicio de la 626 «río Águeda desde la presa del embalse de Irueña hasta la cola del embalse del Águeda».

Conforme a lo establecido en el Art. 28 del Plan Hidrológico, se deberá tener en cuenta lo establecido en apartado 2.º sobre la instalación de dispositivos de media y registro continuo del caudal turbinado y del ecológico así como del nivel de embalse, como forma de garantizar el régimen del cumplimiento de los caudales ecológico y que no se produzcan «emboladas». Así mismo se instalarán dispositivos que eviten la entrada de peces en las tomas.

En cuanto al posible alumbramiento de aguas subterráneas se atenderá a lo dispuesto en los Arts. 16 y 316 del Reglamento de Dominio Público Hidráulico (DPH).

Durante los movimientos de tierras se deberán establecer las medidas necesarias para la retención de sólidos, previa la evacuación de las aguas de escorrentía superficial, así como otras posibles medidas para reducir al mínimo el riesgo de contaminación de las aguas superficiales. Si finalmente se produjera vertido sobre el DPH se deberá solicitar la correspondiente autorización de vertido a la CHD.

Los acopios de materiales se ubicarán de manera que se impida cualquier riesgo de vertido, ya sea directo o indirecto, por escorrentía, erosión, infiltración u otros mecanismos, sobre las aguas superficiales o subterráneas.

Se deberán tomar las medidas oportunas para asegurar que, en ningún caso, se produzcan vertidos de aceites, combustibles, lubricantes, u otras sustancias similares al terreno o a los cursos de agua. En todo caso es deseable la elaboración de protocolos de actuación específicos en prevención de la ocurrencia de vertidos accidentales de este tipo de sustancias para actuar de manera rápida y evitar la contaminación de las aguas.

Para evitar el riesgo potencial de contaminación de las aguas, la zona de mantenimiento de la maquinaria deber estar fuera del DPH y en la medida de lo posible fuera de la zona de policía de cauces y de zonas situadas sobre materiales de elevada permeabilidad. Se recomienda que el mantenimiento de la maquinaria se realice en zonas habilitadas para ello fuera de la zona de obra.

Para la elección de la ubicación de las instalaciones auxiliares y parques de maquinaria se deberá evitar la ocupación del DPH y la zona de servidumbre de los cauces. Se evitar también, en la medida de lo posible, la ocupación de la zona de policía de cauces y de zonas situadas sobre materiales de elevada permeabilidad. En todo caso dicha zona deberá estar impermeabilizada para evitar la contaminación de aguas subterráneas y las aguas procedentes de las escorrentías de estas zonas deberán ser recogidas y gestionadas adecuadamente para evitar la contaminación sobre el DPH.

En relación con las aguas residuales generadas por la eventual instalación de aseos, duchas, en las casetas de obra, se recomienda la disposición de un depósito estanco, sin salida al exterior, que almacene las aguas residuales para posteriormente ser gestionadas a través de gestor autorizado. Si finalmente se vierten a DPH se deberá disponer de la correspondiente autorización de vertido.

- b) *Protección del suelo y la vegetación:* Todas las zonas de trabajo y los accesos se balizarán correctamente para impedir la dispersión de trazadas.

Las zonas de acopios de materiales procedentes de desmonte y otras sustancias, no se ubicarán en la ZEC El Rebollar (ES4150032) ni sobre los hábitats de interés comunitario presentes fuera de la ZEC, ni cerca del cauce.

Tras la apertura de la zanja que albergará la tubería se mantendrá la tierra vegetal en cordones de reducida altura para su posterior reposición.

En todo caso se considera importante el mantenimiento de la vegetación de ribera, especialmente la autóctona, que pueda existir en la zona de actuación, tanto arbórea como arbustiva, puesto que desempeña importantes funciones ecológicas e hidrológicas.

- c) *Protección de la avifauna:* En la nueva línea eléctrica aérea, para las medidas anticolidión se utilizarán sistemas de aspas giratorias en vez de espirales o cintas de neopreno por ser sistemas más efectivos.

Asimismo, dado que la instalación de dispositivos «salvapájaros» reduce pero no elimina la mortalidad, se deberán adoptar medidas compensatorias señalizando otras dos líneas que crucen el cauce del río Águeda.

- d) *Gestión de los residuos:* Los residuos generados durante la fase de obras serán gestionados conforme a lo establecido en el R.D. 105/2008 y entregados a gestor autorizado.

Los residuos de la fase de explotación (mantenimiento de equipos, etc.) serán gestionados conforme a su naturaleza a través de gestores autorizados.

Una vez finalizada la vida útil de la instalación, se procederá al desmantelamiento de la misma, gestionado los residuos producidos en función de su naturaleza.

- e) *Protección contra incendios*: Se extremarán las precauciones para no ocasionar incendios forestales, debiendo adoptar todas las medidas necesarias para ello y cumpliendo todo lo especificado en la Orden FYM/510/2013, de 25 de junio.

Se recomienda que las obras proyectadas, y en particular aquellas con mayor riesgo potencial de incendios, se lleven a cabo fuera del período de peligro alto de incendios y se respeten todas las medidas contempladas al efecto en el Estudio de Impacto Ambiental. No obstante, lo anterior, si por causas debidamente justificadas, fuera necesario llevarlas a cabo en época de peligro alto, deberán extremarse las precauciones, debiendo atenerse en todo caso a las medidas extraordinarias a aplicar en situaciones de riesgo meteorológico recogidas en el artículo 11 de la Orden FYM/510/2013.

Finalmente los restos generados por los desbroces y el apeo del arbolado deberán sacarse del monte, evitando de este modo la acumulación de combustible en el mismo.

- f) *Protección del Patrimonio Histórico y Arqueológico*. Se llevarán a cabo las medidas de protección del patrimonio cultural que se establecen en el Plan de Vigilancia incluido en el Documento Ambiental presentado, realizando un control arqueológico periódico de los movimientos de tierra en la fase de contracción.

Si en el transcurso de las obras apareciesen en el subsuelo restos históricos, arqueológicos o etnológicos, se paralizarán éstas en la zona afectada, procediendo el promotor a ponerlo en conocimiento de la Delegación Territorial de la Junta de Castilla y León en Salamanca, que dictará las normas de actuación que procedan, en aplicación del artículo 60 de la Ley 12/2002, de 11 de julio, de Patrimonio Cultural de Castilla y León y los artículos 124 a 127 del Decreto 37/2007, de 19 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección del Patrimonio Cultural de Castilla y León.

4.º– *Integración ambiental de los proyectos*.– El Proyecto de Ejecución que se presente en el órgano sustantivo, Servicio Territorial de Economía, recogerá y presupuestará todas las medidas presentadas, en el Documento Ambiental y este Informe de Impacto Ambiental, definiéndolas en el Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto, al objeto de dotarlas con los medios técnicos y materiales necesarios para llevarlas a cabo.

5.º– *Seguimiento y vigilancia*.– El seguimiento y vigilancia del cumplimiento de lo establecido en este informe de impacto ambiental corresponde a los órganos competentes por razón de la materia, facultados para el otorgamiento de la autorización del proyecto, sin perjuicio de que el órgano ambiental pueda recabar información de aquellos al respecto, así como efectuar las comprobaciones necesarias en orden a verificar el cumplimiento del condicionado ambiental.

6.º– De conformidad a lo establecido en el Art. 47.5 de la Ley de Evaluación Ambiental, el informe de impacto ambiental no será objeto de recurso alguno sin perjuicio de lo que, en su caso, proceda en vía administrativa o judicial frente al acto, en su caso, de autorización del proyecto.

7.º– *Vigencia del informe impacto ambiental*.– Este informe de impacto ambiental perderá su vigencia y cesará en la producción de los efectos que le son propios si, una vez publicado en el Boletín Oficial de Castilla y León, no se hubiera producido la autorización



del proyecto en el plazo de cuatro años desde su publicación, salvo que se acuerde la prórroga de la vigencia del informe de impacto ambiental en los términos previstos en el art. 47.6 en adelante de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.

8.º– *Publicidad de la autorización del proyecto.*– Conforme a lo establecido en el artículo 48 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, el órgano sustantivo que autorice o apruebe la actuación a que se refiere este Informe de Impacto Ambiental deberá remitir al Boletín Oficial de Castilla y León, en el plazo de 15 días desde que se adopte la decisión de autorizar o denegar el proyecto, un extracto del contenido de dicha decisión que se establece en el Art. 48.2 Asimismo publicará en su sede electrónica la decisión sobre la autorización o denegación del proyecto, y una referencia del boletín oficial en el que se publicó el informe de impacto de impacto ambiental.

Salamanca, 13 de febrero de 2019.

El Delegado Territorial,
Fdo.: BIENVENIDO MENA MERCHÁN

APÉNDICE 02 RESOLUCIÓN de 7 de mayo de 2019, del Servicio Territorial de Economía de Salamanca, por la que se otorga autorización administrativa, aprobación de proyecto y declaración, en concreto, de utilidad pública del proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y las instalaciones de evacuación de la energía generada por la central hidroeléctrica de Irueña a través de la subestación de Fuenteguinaldo, en los términos municipales de El Bodón y El Sahugo (Salamanca), promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero. Expte.: ATLI-13.669



I. COMUNIDAD DE CASTILLA Y LEÓN

D. OTRAS DISPOSICIONES

CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA

Servicio Territorial de Economía de Salamanca

RESOLUCIÓN de 7 de mayo de 2019, del Servicio Territorial de Economía de Salamanca, por la que se otorga autorización administrativa, aprobación de proyecto y declaración, en concreto, de utilidad pública del proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y las instalaciones de evacuación de la energía generada por la central hidroeléctrica de Irueña a través de la subestación de Fuenteguinaldo, en los términos municipales de El Bodón y El Sahugo (Salamanca), promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero. Expte.: ATLI-13.669.

ANTECEDENTES DE HECHO

1.- Con fecha 10/04/2017, CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO presentó ante este Servicio Territorial, Proyecto básico del aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña en el término municipal de El Sahugo (Salamanca), Documento Ambiental y separatas con la relación concreta e individualizada de los bienes y derechos de necesaria expropiación, solicitando la autorización administrativa previa de la instalación de la central hidroeléctrica de Irueña así como la declaración de utilidad pública de las instalaciones eléctricas de generación a los efectos de expropiación forzosa de los bienes y derechos necesarios para su establecimiento.

2.- Con fecha 13/03/2018 CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO presenta el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Básico de Obra Civil para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña, con objeto de realizar los trámites ambientales.

3.- Con fecha 22/03/2018 se remite al Servicio Territorial de Medio Ambiente, el Estudio de Impacto Ambiental, el Proyecto Básico de Línea de interconexión y el Proyecto Básico Electromecánico, para que determine si dicho proyecto debe someterse a Evaluación de Impacto Ambiental simplificada, tanto del proyecto como de la línea de evacuación de energía eléctrica. El Servicio Territorial de Medio Ambiente, con fecha 10/04/2018, acuerda que el proyecto presentado está sometido a evaluación de impacto ambiental simplificada conforme a la Ley 21/2013 de 9 de diciembre de Evaluación Ambiental al estar incluido en el supuesto del Anexo II, Grupo 4, letra d).

4.- En cumplimiento de lo establecido en los artículos 54 y 55 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico; en los artículos 125 y 144 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministros y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica y en el artículo 9 del Decreto 127/2003, de 30 de octubre, por el que se regulan los procedimientos de autorizaciones administrativas de instalaciones de energía eléctrica

en Castilla y León, modificado por el Decreto 13/2013, de 18 de abril, fue sometida a información pública el proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y evacuación de la energía generada por la central y posterior inyección en la red eléctrica, a través de la Subestación de Fuenteguinaldo, mediante anuncios en el B.O.C. y L. n.º 113, de fecha 13/06/2018 y B.O.P. n.º 112, de fecha 12/06/2018. Dicha información estuvo expuesta en el tablón de anuncios de los Ayuntamientos de El Sahugo y El Bodón.

A los interesados identificados por la empresa beneficiara de la expropiación propuesta se les notificó personalmente el anuncio de información pública citado en el párrafo anterior.

5.– Con fecha 05/07/2018 y dentro del tiempo habilitado para ello, se presentaron alegaciones por parte de D. José Manuel Lorenzo Huerta, en calidad de Presidente del Comité Antinuclear y Ecologistas de Salamanca, siendo remitida una copia de las mismas por parte de este Servicio Territorial a CHD, con fecha 25/07/2018.

6.– Con fecha 02/10/2018, CHD remite, a este Servicio Territorial, informe a las alegaciones presentadas por el Comité Antinuclear y Ecologistas de Salamanca y por el Servicio Territorial de Medio Ambiente de Salamanca, contestando a las mismas pero recordando que ambas alegaciones son extemporáneas y no pueden ser tenidas en cuenta a la hora de la autorización, aprobación del proyecto y declaración de utilidad pública del aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña.

7.– Con fecha 17/12/2018 se envía Nota Interior al Servicio Territorial de Medio Ambiente remitiendo copia del informe de CHD a las alegaciones presentadas.

8.– Con fecha 08/02/2019, CHD presenta una ampliación contestación al informe del Servicio Territorial de Medio Ambiente que se remite a dicho Servicio Territorial con fecha 14/02/2019.

9.– Con fecha 14/02/2019 el Servicio Territorial de Medio Ambiente remite a este Servicio, resolución firmada por el Delegado Territorial de la Junta de Castilla y León en Salamanca, por la que se hace público el Informe de Impacto Ambiental del proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña, que es publicada en el B.O.C. y L. n.º 36 de fecha 21/02/2019.

FUNDAMENTOS DE DERECHO

1.– El Delegado Territorial de la Junta de Castilla y León en Salamanca es competente para resolver este procedimiento, de conformidad con lo establecido en el Decreto 156/2003, de 26 de diciembre, por el que se atribuyen y desconcentran competencias en los Órganos Directivos Centrales de la Consejería de Economía y Empleo y en los Delegados Territoriales de la Junta de Castilla y León, competencia que tiene delegada en el Jefe del Servicio Territorial de Economía, por la Resolución de 30 de enero de 2004, de la Delegación Territorial de la Junta de Castilla y León en Salamanca, por la que se delegan determinadas competencias en el Jefe del Servicio Territorial competente en materia de industria, energía y minas.

2.– En la tramitación de este expediente se han tenido en cuenta las siguientes disposiciones legales y reglamentarias:

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministros y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Decreto 127/2003, de 30 de octubre, por el que se regulan los procedimientos de autorizaciones administrativas de instalaciones de energía eléctrica en Castilla y León, modificado por el Decreto 13/2013, de 18 de abril.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Ley de 16 de diciembre de 1954, de Expropiación Forzosa.
- Decreto de 26 de abril de 1957 por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Expropiación Forzosa.
- Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.
- Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

3.– El proyecto se ha sometido a todos los requisitos legales que le son de aplicación.

A la vista de los antecedentes de hecho y fundamentos de derecho, este Servicio Territorial de Economía, a propuesta del Técnico Facultativo, RESUELVE:

1.– **AUTORIZAR** a la CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO, el proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y evacuación de la energía generada por la central y posterior inyección en la red eléctrica, a través de la subestación de Fuenteguinaldo, propiedad de Iberdrola, cuyas características principales son las siguientes:

- 1.– Dos turbinas Francis de eje horizontal de 4,40 m³/s de caudal nominal cada una para un salto de diseño nominal de 58,60 m con una velocidad nominal de diseño de 600 rpm y una potencia máxima por turbina de 2,4 Mw.
- 2.– Dos generadores síncronos trifásicos tipo brushless (excitación sin escobillas) de eje horizontal, refrigerados por aire, de 6 kV de tensión y 2,8 MVA de potencia nominal para la producción de energía eléctrica en la Presa de Irueña.
- 3.– Subestación eléctrica elevadora formada por un parque interior de 6 kV constituido por una serie de celdas modulares de media tensión, instaladas en el interior de la casa de máquinas y un parque exterior intemperie de 45 kV formado por una

única posición de línea-transformador, protegido por interruptor y autoválvulas. La Subestación intemperie dispondrá de un pórtico de salida, desde el que tendrá inicio la línea aérea.

- 4.– Línea eléctrica aérea para la evacuación de la energía generada por la Central, de 45 kV de tensión nominal, de 1842 m de longitud con conductor LARL-180, con 15 apoyos metálicos de celosía, con origen en la Subestación elevadora y final en la Subestación de Fuenteguinaldo.

II.– *APROBAR* el Proyecto de Ejecución de las instalaciones indicadas, conforme a la reglamentación técnica aplicable y con las siguientes condiciones:

- 1.^a– Las contenidas en el Informe de Impacto Ambiental, publicada en el B.O.C. y L. de fecha 21 de febrero de 2019 y que se incorpora íntegramente, como ANEXO I, a la presente resolución.
- 2.^a– Las obras deberán realizarse de acuerdo con el Proyecto y documentación técnica presentada, con las variaciones que en su caso se soliciten y autoricen.
- 3.^a– Por los citados Organismos se comprobará si en la ejecución del proyecto se cumplen las condiciones impuestas por los Reglamentos, para lo cual el titular dará cuenta del comienzo de los trabajos.
- 4.^a– El plazo para la solicitud del acta de puesta en servicio de estas instalaciones que se autorizan será de doce meses a partir de la notificación de la resolución. El interesado podrá solicitar, por razones justificadas, prórroga de dicho plazo. Dicha prórroga no se concederá por un plazo superior a la mitad del primer plazo, y tanto la petición del interesado como la decisión sobre la ampliación, deberá producirse, en todo caso, antes del vencimiento del plazo.
- 5.^a– Para introducir modificaciones en las instalaciones que afecten a los datos básicos del proyecto presentado, será necesario obtener la autorización de este Servicio Territorial.
- 6.^a– Una vez realizadas las instalaciones, en cumplimiento de la reglamentación técnica aplicable, plazos señalados de ejecución y trámites administrativos, así como el resultado de las pruebas, ensayos e inspecciones reglamentarias, efectuadas en presencia del órgano territorial competente o entidad colaboradora y la comprobación del correcto funcionamiento de las mismas, la empresa promotora solicitará el acta de puesta en servicio debiendo aportar para ello el correspondiente certificado final de obra, según modelo establecido por esta Administración, firmado por el técnico facultativo competente, en el que conste que la instalación se ha realizado de acuerdo con las especificaciones contenidas en el proyecto de ejecución aprobado, así como el resto de documentación final.
- 7.^a– La presente autorización, se entiende otorgada sin perjuicio de terceros y dejando a salvo los derechos particulares, e independientemente de las autorizaciones, licencias o permisos que pudieran corresponder a otros Organismos Administrativos o Entidades.
- 8.^a– La Administración dejará sin efecto la presente resolución en cualquier momento que observe el incumplimiento de las condiciones impuestas en ella.



- 9.^a– IDAE y CHD darán cuenta de la terminación de las obras al Servicio Territorial de Economía, para realizar las comprobaciones que estime oportunas, y el levantamiento en su caso, del acta de puesta en marcha, sin cuyo requisito, la instalación no podrá entrar en funcionamiento.
- 10.^a– Las partes aéreas de la instalación de alta tensión, no aisladas, deberán realizarse cumpliendo lo establecido en el Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

Las medidas adoptadas para dar cumplimiento a esta condición deberán ser recogidas por el director de obra en la correspondiente certificación final de obra.

Contra la presente resolución, que no agota la vía administrativa, podrá interponer Recurso de Alzada ante el Ilmo. Sr. Director General de Energía y Minas, en el plazo de un mes contado a partir del día siguiente al de la notificación de esta resolución, conforme a lo dispuesto en los artículos 112, 121 y 122 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.

Salamanca, 7 de mayo de 2019.

La Jefa del Servicio Territorial,
Por Delegación
(Resolución de 30 de enero de 2004)
Fdo.: SATURNINA MORO MALMIERCA

ANEXO I

RESOLUCIÓN de 13 de febrero de 2019, de la Delegación Territorial de Salamanca, por la que se hace público el informe de impacto ambiental del proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña, promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero, ubicada en los términos municipales de El Saugo, El Bodón y Fuenteguinaldo (Salamanca). Expte.: EIA-SA-18-08 (S).

En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 47.3 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental y en el artículo 59 del Texto refundido de la Ley de Prevención Ambiental de Castilla y León, aprobado por el Decreto Legislativo 1/2015, de 12 de noviembre; se hace público, para general conocimiento, el Informe de Impacto Ambiental por el que se determina que no tiene efectos significativos sobre el Medio Ambiente el proyecto de «aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña», promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero, ubicada en los TT. MM. de El Saugo, El Bodón y Fuenteguinaldo.

Esta Delegación Territorial, es el órgano administrativo de medio ambiente competente para ejercer en el ámbito de la Comunidad de Castilla y León, las funciones fijadas en el artículo 11.2 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental, en virtud del Art. 52.2 del texto refundido de la Ley de Prevención Ambiental de Castilla y León, aprobada por D.Lvo. 1/2015, de 12 de noviembre.

Salamanca, 13 de febrero de 2019.

*El Delegado Territorial,
Fdo.: Bienvenido Mena Merchán*

ANEXO QUE SE CITA

RESOLUCIÓN POR LA QUE SE FORMULA EL INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DE «APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DE LA PRESA DE IRUEÑA», PROMOVIDO POR IDAE Y CONFEDERACIÓN HIDRÓGRAFICA DEL DUERO, UBICADA EN LOS TT.MM. DE EL SAUGO, EL BODÓN Y FUENTEGUINALDO. EIA-SA-18-08 (S)

El artículo 7.2 apartado a) de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental, establece que los proyectos comprendidos en el Anexo II serán objeto de una Evaluación de Impacto Ambiental Simplificada, en la que el órgano ambiental determinará si dicho proyecto debe someterse a una Evaluación de Impacto Ambiental Ordinaria o por el contrario no tiene efectos significativos sobre el medio ambiente. La decisión debe ser motivada y pública y se ajustará a los criterios establecidos en el Anexo III.

El proyecto arriba referenciado se somete a Evaluación de Impacto Ambiental Simplificada, por encontrarse en el Anexo II Grupo 4. Industria energética, letra d).

d) Instalaciones para la producción de energía hidroeléctrica.

1.– *Objeto y descripción del proyecto.*

El proyecto tiene como objeto el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y para ello se busca la solución más adecuada desde el punto de vista técnico económico y ambiental.

La presa de Irueña, se localiza entre los términos municipales de El Sahujo, El Bodón y Fuenteguinaldo, unos 500 m aguas abajo de la confluencia de los ríos Águeda y Maya. La minicentral que se proyecta se localizará a pie de la presa, en su margen derecha y cuenta con las siguientes infraestructuras:

- Tubería forzada, de unos 220 m de longitud, enterrada en su mayor parte y Ø 2 m y que parte de una toma hidroeléctrica ya construida.
- Casa de máquinas, para la implantación de dos grupos turbo generadores de tipo Francis, de dimensiones reducidas (33x17) m.
- Dado que la tensión de generación de los grupos se establece en 6 kV, se hace necesaria la construcción en las inmediaciones de la casa de máquinas de una subestación transformadora (SE. Irueña) que eleve a 45 kV la tensión de generación de los grupos.
- Línea de evacuación (Línea eléctrica aérea de alta tensión-LEAT):
 - Longitud: 1.842 m desde la nueva subestación eléctrica hasta la subestación de Fuenteguinaldo, ya existente.
 - Tensión nominal 45 kV.
 - Apoyos de celosía.
 - Crucetas tipo tresbolillo atirantado.
 - Caminos de acceso a la casa de máquinas.

En base al estudio de viabilidad técnico-económico del aprovechamiento hidroeléctrico de la Presa de Irueña, se deduce que el caudal de equipamiento óptimo es de 15,40 m³/s, correspondiente al funcionamiento simultáneo de dos grupos de generación dispares de 11,0 y 4,40 m³/s. Con el salto bruto disponible que es de 66,50 m, que es la diferencia de cota entre la toma y la cota en el nivel de agua de descarga y el caudal óptimo de diseño, la máxima potencia inyectable se establecía en 8,391 MW, pero según el titular de la subestación de Fuenteguinaldo, por incapacidad técnica dicha potencia no puede ser absorbida por la subestación, por lo que finalmente se reduce de 8,391 MW a 4,5 MW la máxima potencia inyectable.

2.– Documentación presentada.

El Documento Ambiental presentado, realiza un análisis de alternativas, descartando la Alternativa 0, que supondría desaprovechar el potencial hidráulico de la infraestructura, frente a otras alternativas basadas en los siguientes aspectos: El tipo de equipamiento hidráulico y en el trazado de la línea eléctrica de evacuación.

En cuanto al tipo de equipamiento se plantean 3 hipótesis o alternativas, optándose por la 2.^a hipótesis, consistente en la puesta de dos turbinas tipo FRANCIS, una principal y la segunda más pequeña dimensionada para un porcentaje del caudal máximo de la principal en base a que ofrece una flexibilidad de operación suficiente y el coste económico es intermedio entre las otras dos. En cuanto a las alternativas de trazado el principal criterio utilizado para la selección final ha sido la longitud del trazado, que para la Alternativa 1 fue de 1.842 m, frente a los más de 2.100 m que presentaba la Alternativa 2.

El Documento ambiental incluye un pequeño análisis del medio afectado, se realiza una identificación y valoración de los impactos más significativos, en su mayor parte valorado como compatibles y en algún caso como moderado, aquellos que afectan a los ciclos biológicos, la dinámica fluvial y a la avifauna por causa del tendido eléctrico. Se proponen toda una serie de medidas preventivas y correctoras que minimizarán dichos impactos, tanto en la fase de construcción como en la de explotación. Finalmente se plantea un programa de vigilancia ambiental, bastante completo y detallado que garantiza el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras propuestas.

3.– Tramitación y consultas.

El 10 de abril de 2018, tiene entrada el Documento Ambiental denominado por el promotor como Estudio de Impacto Ambiental, para la tramitación de la evaluación de impacto ambiental simplificada del proyecto básico de aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 46 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental y tras la remisión de la solicitud de inicio, el Proyecto y el Documento Ambiental por parte del Servicio Territorial de Economía, se procedió por el Servicio Territorial de Medio Ambiente de Salamanca a la apertura del trámite de consultas a las Administraciones públicas afectadas y a las personas interesadas que se relacionan en la siguiente tabla. La relación de los consultados así como los informes recibidos se reflejan en la misma:

ADMINISTRACIONES Y/O PERSONAS INTERESADAS	CONTESTACIÓN
Ayuntamiento de El Sahugo	
Ayuntamiento de El Bodón	
Ayuntamiento de Fuenteguinaldo	
Diputación Provincial de Salamanca	X
Confederación Hidrográfica del Duero	X
S. T. de Cultura y Turismo de la J.C. y L. en Salamanca	X
S.T. de Agricultura y G. de la J.C. y L. en Salamanca	
S.T. de Fomento de la J.C. y L. en Salamanca	
S.T. de Sanidad y B. S. de la J.C. y L. en Salamanca	X
S.T. de Economía de la J.C. y L. en Salamanca	X
Secretaría Territorial - Sección de Protección Civil	
S.T. de M.A. (Área de Gestión Forestal)	X
S.T. de M.A. (Sección de Protección Ambiental)	X
Ecologistas en Acción de Salamanca	X

Cabe destacar que el Servicio Territorial de Medio Ambiente emite varios informes. En un primer informe de fecha 23 de julio de 2018, se solicita al promotor que estudie la posibilidad técnica para la restitución de la continuidad longitudinal del río Águeda. Tras la contestación del promotor, que es remitida a través del Servicio Territorial de Economía el 17 de diciembre de 2018 y completada con nuevo informe de fecha 23 de enero de 2019, en el que se justifica la inviabilidad técnica ni económica de dicha actuación, se informa de nuevo, dejando sin efecto la restitución del cauce y manteniendo el cumplimiento del resto de las condiciones y consideraciones del IMENA (informe de afección al medio natural que incluye el IRNA informe de afección a Red Natura 2000). Todas ellas han sido tenidas en cuenta en el presente Informe de Impacto Ambiental.

El informe de Confederación detecta una serie de deficiencias en la documentación, presentada en relación con la consideración de los caudales ecológicos que será necesario revisar, así como el tema de planos, todo ello se pone como condicionado en el Informe de Impacto Ambiental.

Ecologistas en Acción insisten en que el órgano sustantivo debería ser la propia Confederación, que es la que otorga la concesión y por tanto el impacto debería ser a nivel de la Administración Central. Alegación que ya ha sido contestada en varias ocasiones por el Ministerio con competencias medioambientales, considerando que el órgano sustantivo debe ser el que ostente las competencia para el uso que se va a dar al agua, en este caso el uso es industrial (producción de energía).

3.- Análisis según los criterios del Anexo III (según nueva redacción de la Ley 9/2018, 5 de diciembre).

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

Dimensión y diseño del proyecto: El hecho de contar con una presa ya existente, reduce considerablemente los posibles impactos del aprovechamiento hidroeléctrico, que

se reducen a la construcción de la tubería de conducción de 220 m, el edificio de máquinas donde se ubican las turbinas de producción, situada aguas abajo de la presa y la de la línea de evacuación hasta la subestación, cuya longitud prevista es de aproximadamente 2 km. Según el proyecto la producción máxima con las dos turbinas sería de 8,391 MW, pero dado que el punto de conexión (subestación de Fuenteguinaldo) no puede asumir dicha potencia eléctrica, se optó por reducir la misma a 4,5 MW, que si es asumible sin que se produzcan sobrecargas en la subestación.

El proyecto de forma global en base a la producción y longitud de la línea eléctrica, podemos considerarlo como un proyecto de dimensiones reducidas.

Acumulación con otros proyectos: El aprovechamiento hidroeléctrico más próximo se encuentra aguas abajo del río Águeda a 4,78 km, denominado el Molino de Andrés, por lo cual dada la lejanía entre ambos proyectos no se considera que puedan tener efectos acumulativos.

Utilización de recursos naturales: El principal recurso a utilizar es el agua, que ya se encuentra embalsada con la presa existente (Iruña) y que será turbinada para la producción de energía eléctrica. Se garantizará en todo momento el mantenimiento de los caudales ecológicos, conforme a las condiciones establecidas en el informe de la propia Confederación, de esta forma se asegurará el mantenimiento de los ecosistemas aguas abajo de la central. Por otro lado el uso del agua para la generación de energía se puede considerar como una gestión del agua beneficiosa para el medio ambiente, por eso la energía hidroeléctrica es considerada una energía renovable.

Generación de residuos: Se producirán principalmente durante la fase de obras, durante la construcción de la casa de máquinas, la subestación y las conducciones. Se producirá polvo y residuos de construcción y demolición y durante la fase de explotación los residuos que se producirán serán, los asociados al mantenimiento de las instalaciones. Será necesario una correcta gestión de todos ellos para evitar posibles impactos.

Contaminación y otras perturbaciones: Este tipo de proyectos no supone en principio ningún riesgo de contaminación, salvo los riesgos potenciales de contaminación de suelos o del agua por vertido accidental de la maquinaria, cuya probabilidad es muy baja y mitigables con medidas de protección y el establecimiento de zonas habilitadas para los trabajos de mantenimiento.

En cuanto al ruido, será el generado por las obras y posteriormente por las turbinas en la fase de explotación que deberá ajustarse a la Ley del ruido.

Riesgos de accidente graves y/o catástrofes: El proyecto actual no supone en principio ningún tipo de accidentes graves, contando con medidas de seguridad que incorporan un mecanismo de automatismo que garantizan la abertura de los órganos desagüe de la presa en caso de avería o corte eléctrico en los equipos.

Riesgos para la salud humana: No se prevé en principio ningún tipo de riesgos para la salud humana.

UBICACIÓN DEL PROYECTO.

Uso presente del suelo: Dado que la actuación se realiza sobre la propia presa, luego estará directamente sobre zona de Dominio Público Hidráulico y el uso está ligado directamente al embalse de Iruña y su zona de influencia.

Salvo los 2 km de tendido eléctrico, el resto de instalaciones hidroeléctricas tienen una ocupación muy reducida y limitada a pie de presa y ubicadas entre la cerrada de Iruña y la presa colchón existente, localizada a 200 m aguas abajo de esta, por lo que no se ha previsto que se deje ningún tramo del río «en seco» durante la explotación del sistema.

En cuanto a la abundancia relativa, la calidad y capacidad regenerativa de los recursos en la zona y su subsuelo: El embalse y la presa existente, que ya fueron evaluados en su día, son los que causaron una fuerte transformación de los ecosistemas de la zona y en especial sobre los ríos Águeda y Mayas, el proyecto actual se ubica en una zona ya afectada por este tipo de infraestructuras, con una capacidad de regeneración muy difícil y muy a largo plazo.

La capacidad de absorción del medio natural, teniendo en cuenta las posibles figuras de protección ambiental que puedan verse afectadas, se puede señalar que:

- El proyecto está justo en el límite del ZEC El Rebollar (ES4150032), espacio incluido en Red Natura 2000.
- No se encuentra incluido dentro de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Castilla y León.
- El proyecto se ubica dentro del ámbito de aplicación del Plan de Recuperación de la Cigüeña negra en Castilla y León, pero no coincide con Área Crítica para la especie.
- En relación con el cumplimiento de lo previsto en el artículo 4, punto 3, del Decreto 63/2007, de 14 de junio, por el que se crean el Catálogo de Flora Protegida de Castilla y León y la figura de protección denominada Microrreserva de Flora, se hace constar que, consultada la información disponible en la Consejería, en el ámbito de aplicación se ha constatado la presencia de los siguientes taxones, todos ellos de atención preferente pero con distinta calidad de la cita (cuadrículas entre 1-10 km²).
- Catálogo de Flora Protegida: Catálogo Calidad cita*.
- *Spiranthes aestivalis* (Poiret) L. C. M. Richard 3 Atenc. Pref. 2.
- *Thymelaea procumbens* A. Fern. & R. Fern. 3 Atenc. Pref. 2.
- *Orchis conica* Willdenow 3 Atenc. Pref. 1.
- *Thymus caespitius* Brot. 3 Atenc. Pref. 2.
- No existe coincidencia territorial con ningún monte de Utilidad Pública, si bien el más cercano, el MUP N.º 34 «Dehesa de Abajo» de Robleda, se encuentra a 700 m de distancia en su punto más cercano, a la nueva LEAT.
- En cuanto a la superficie forestal afectada por las obras se corresponde con vegetación mayoritariamente constituida por formaciones de rebollo (*Quercus pyrenaica*) y encina (*Quercus ilex*) con matorral compuesto por distintas especies de leguminosas, predominando *Genista* sp. y *Cytisus* sp., por lo que a efectos

legales tiene la consideración de monte. El proyecto contempla la necesidad de proceder a la corta de entre 15 y 20 ejemplares arbóreos de roble y encina.

- Junto al emplazamiento objeto de la actuación, existen los siguientes Hábitats de Interés Comunitario (HIC) incluidos en el Anexo I de la Ley 42/2007 de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad:
 - 4090 Brezales oromediterráneos endémicos con aliaga.
 - 6310 De *Quercus suber* y/o *Quercus ilex*.
 - 91E0* (91E.2) Alisedas de ríos con orillas fangosas procedentes de avenidas.
 - 9230 Robledales galaico-portugueses con *Quercus robur* y *Quercus pyrenaica*.
- En cuanto a las especies incluidas en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (Anexos II, VI y V), presentes en el ámbito del proyecto, en el Listado de Especies Silvestre en Régimen de Protección Especial (LESPE) y Catálogo Español de Especies Amenazadas (CEA):
 - Entre la fauna piscícola podemos encontrar barbo común (*Barbus bocagei*), la trucha común (*Salmo trutta*), colmilleja del Alagón (*Cobitis vettonica*), boga del Duero (*Chondrostoma duriense*) y calandino (*Squalius alburnoides*). Los tres últimos se encuentran incluidos en el Anexo II de la Ley 42/2007 y en la Directiva 92/43/CEE, la colmilleja del Alagón, con presencia en el río Águeda, está en la Lista Roja de la UICN catalogada como En Peligro.
 - De los mamíferos presentes destacan la nutria (*Lutra lutra*) y el gato montés (*Felis silvestris*). Estas especies están recogidas en los Anexos II y V de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad y están incluidos en el LESPE.
 - En el entorno de la minicentral está citado el invertebrado *Margaritifera margaritifera*, especie catalogada en Peligro de Extinción en el Catálogo Español de Especies Amenazadas. Esta especie es dependiente, para completar su ciclo biológico, de las poblaciones de truchas (*Salmo trutta*).
 - Las aves presentes son el milano real (*Milvus milvus*) catalogado como En Peligro de Extinción en el CEA, también se pueden localizar cigüeña negra (*Ciconia nigra*) y alimoche (*Neophron percnopterus*), catalogados ambos como Vulnerable en el CEA, y otras como águila real (*Aquila chrysaetus*), milano negro (*Milvus migrans*), águila calzada (*Hieraaetus pennatus*) y culebrera europea (*Circaetus gallicus*), todas incluidas en el LESPE.
 - Es destacable la presencia en el área del milano real (*Milvus milvus*), especie asociada a lugares arbolados, tal y como es el caso. Su presencia en el ámbito del proyecto abarca todo el año, albergando una población reproductora e invernante importante. Las electrocuciones en apoyos eléctricos se identifican como una de las principales causas de mortalidad de origen antrópico del milano real en Castilla y León.

- Con respecto a la herpetofauna, la zona objeto de actuación alberga poblaciones de galápago europeo y leproso cuyas poblaciones a nivel de la Comunidad de Castilla y León vienen sufriendo un fuerte declive (Alarcos et al, 2006). Las causas achacadas a este declive, que pueden relacionarse con las consecuencias de la actividad aquí analizada, son la fragmentación de los medios y especialmente la degradación de su hábitat (alteración, desecación de los medios, contaminación) (Pleguezuelos et al., 2002).
- No hay constancia de la presencia de ejemplares incluidos en el Catálogo Regional de Árboles Notables en el área de influencia del proyecto.
- Vía pecuaria: No hay afección.
- Tampoco afecta a Zonas Húmedas Catalogadas.

No existe constancia de que la zona haya superado los objetivos de calidad medioambiental. Asimismo la zona tampoco puede calificarse como área de gran densidad demográfica la suma de los habitantes de los tres municipios más próximos es de 1.154 habitantes.

Asimismo en cuanto a la posible afección al patrimonio cultural, según el informe el Servicio Territorial de Cultura, en el ámbito del proyecto fue objeto de un prospección arqueológica en 1998, con motivo de la construcción del embalse de Irueña y no se localizó ningún elemento del patrimonio arqueológico o etnológico.

CARACTERÍSTICAS DEL POTENCIAL IMPACTO.

El proyecto produce un impacto ambiental localizado en el espacio, no presentando carácter transfronterizo. Salvo el impacto producido en su día por la construcción de la presa, que ha supuesto una barrera infranqueable para la fauna piscícola, en el proyecto actual no se prevén impactos significativos sobre las aguas superficiales ni sobre la fauna acuática del río Águeda al mantenerse el vertido de los caudales ecológicos establecidos y no dejando ningún tramo del río «en seco». Además, y del lado de la seguridad, el proyecto ha incorporado un mecanismo de automatismo que garantiza la abertura de los órganos de desagüe de la presa en caso de avería o corte eléctrico en los equipos.

La magnitud del mismo se puede considerar asumible. Por el momento se considera que la zona cuenta con suficiente capacidad de acogida y los posibles impactos residuales del proyecto serán eliminados o minimizados con una serie de medidas correctoras.

Por todo ello considerado adecuadamente tramitado el expediente y de acuerdo con lo establecido en el Art. 47 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental, teniendo en cuenta el resultado de las consultas realizadas y siguiendo los criterios del Anexo III de la citada Ley y vista la Propuesta de la Comisión Territorial de Medio Ambiente y Urbanismo de Salamanca en su reunión de fecha 12 de febrero de 2019 el órgano ambiental:

RESUELVE

1.º– Determinar que el Proyecto de «APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DE LA PRESA DE IRUEÑA», promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero, NO TIENE EFECTOS SIGNIFICATIVOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE, en los términos

establecidos en el presente Informe de Impacto Ambiental, por los motivos expuestos anteriormente y sin perjuicio de otra normativa vigente que sea de aplicación.

2.º– *Afección a Red Natura 2000 y otros valores naturales.*– Según el informe emitido el por el Servicio Territorial de Medio Ambiente de Salamanca, se concluye que tras estudiar la ubicación de las actuaciones previstas y comprobar su coincidencia con la Red Natura 2000, y una vez analizadas y valoradas las mismas, se considera realizada la evaluación requerida por el artículo 2 del Decreto 6/2011, de 10 de febrero, concluyéndose que las actuaciones proyectadas, ya sea individualmente o en combinación con otros proyectos no causarán perjuicio a la integridad del siguiente lugar incluido en Red Natura 2000: ZEC El Rebollar (ES4150032), siempre y cuando se cumplan las condiciones establecidas expuestas en el presente Informe, que constituyen el Informe de Evaluación de la Repercusiones sobre la Red Natura 2000 (IRNA) tal y como se define en el artículo 5 Decreto 6/2011, de 10 de febrero.

3.º– *Medidas protectoras.*– Las medidas preventivas, correctoras a efectos ambientales, a las que queda sujeta la ejecución y posterior fase de funcionamiento del presente proyecto, son las siguientes, además de las contempladas en el Estudio de Impacto Ambiental de fecha febrero de 2017 considerado en este expediente como Documento Ambiental, y siempre que no contradigan a las que se exponen a continuación:

- a) *Protección de las aguas:* Para el mantenimiento del régimen de caudales ecológicos se deberá emplear los caudales que sean hidrológicamente compatibles con el régimen natural de la masa de agua afectada y se deberán usar los que dispone la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Duero para la masa de agua 200687-Embalse de Irueña, en su punto final, que coincidiría con el inicio de la 626 «río Águeda desde la presa del embalse de Irueña hasta la cola del embalse del Águeda».
- Conforme a lo establecido en el Art. 28 del Plan Hidrológico, se deber tener en cuenta lo establecido en apartado 2.º sobre la instalación de dispositivos de media y registro continuo del caudal turbinado y del ecológico así como del nivel de embalse, como forma de garantizar el régimen del cumplimiento de los caudales ecológico y que no se produzcan «emboladas». Así mismo se instalarán dispositivos que eviten la entra de peces en las tomas.
- En cuanto al posible alumbramiento de aguas subterráneas se atenderá a lo dispuesto en los Arts. 16 y 316 del Reglamento de Dominio Público Hidráulico (DPH).
- Durante los movimientos de tierras se deberán establecer las medidas necesarias para la retención de sólidos, previa la evacuación de las aguas de escorrentía superficial, así como otras posibles medidas para reducir al mínimo el riesgo de contaminación de las aguas superficiales. Si finalmente se produjera vertido sobre el DPH se deberá solicitar la correspondiente autorización de vertido a la CHD.
- Los acopios de materiales se ubicarán de manera que se impida cualquier riesgo de vertido, ya sea directo o indirecto, por escorrentía, erosión, infiltración u otros mecanismos, sobre las aguas superficiales o subterráneas.

- Se deberán tomar las medidas oportunas para asegurar que, en ningún caso, se produzcan vertidos de aceites, combustibles, lubricantes, u otras sustancias similares al terreno o a los cursos de agua. En todo caso es deseable la elaboración de protocolos de actuación específicos en prevención de la ocurrencia de vertidos accidentales de este tipo de sustancias para actuar de manera rápida y evitar la contaminación de las aguas.
- Para evitar el riesgo potencial de contaminación de las aguas, la zona de mantenimiento de la maquinaria deber estar fuera del DPH y en la medida de lo posible fuera de la zona de policía de cauces y de zonas situadas sobre materiales de elevada permeabilidad. Se recomienda que el mantenimiento de la maquinaria se realice en zonas habilitadas para ello fuera de la zona de obra.
- Para la elección de la ubicación de las instalaciones auxiliares y parques de maquinaria se deberá evitar la ocupación del DPH y la zona de servidumbre de los cauces. Se evitar también, en la medida de lo posible, la ocupación de la zona de policía de cauces y de zonas situadas sobre materiales de elevada permeabilidad. En todo caso dicha zona deberá estar impermeabilizada para evitar la contaminación de aguas subterráneas y las aguas procedentes de las escorrentías de estas zonas deberán ser recogidas y gestionadas adecuadamente para evitar la contaminación sobre el DPH.
- En relación con las aguas residuales generadas por la eventual instalación de aseos, duchas, en las casetas de obra, se recomienda la disposición de un depósito estanco, sin salida al exterior, que almacene las aguas residuales para posteriormente ser gestionadas a través de gestor autorizado. Si finalmente se vierten a DPH se deberá disponer de la correspondiente autorización de vertido.
- b) *Protección del suelo y la vegetación:* Todas las zonas de trabajo y los accesos se balizarán correctamente para impedir la dispersión de trazadas.
- Las zonas de acopios de materiales procedentes de desmonte y otras sustancias, no se ubicarán en la ZEC El Rebollar (ES4150032) ni sobre los hábitats de interés comunitario presentes fuera de la ZEC, ni cerca del cauce.
- Tras la apertura de la zanja que albergará la tubería se mantendrá la tierra vegetal en cordones de reducida altura para su posterior reposición.
- En todo caso se considera importante el mantenimiento de la vegetación de ribera, especialmente la autóctona, que pueda existir en la zona de actuación, tanto arbórea como arbustiva, puesto que desempeña importantes funciones ecológicas e hidrológicas.
- c) *Protección de la avifauna:* En la nueva línea eléctrica aérea, para las medidas anticolidión se utilizarán sistemas de aspas giratorias en vez de espirales o cintas de neopreno por ser sistemas más efectivos.
- Asimismo, dado que la instalación de dispositivos «salvapájaros» reduce pero no elimina la mortalidad, se deberán adoptar medidas compensatorias señalizando otras dos líneas que crucen el cauce del río Águeda.

- d) *Gestión de los residuos*: Los residuos generados durante la fase de obras serán gestionados conforme a lo establecido en el R.D. 105/2008 y entregados a gestor autorizado.
- Los residuos de la fase de explotación (mantenimiento de equipos, etc.) serán gestionados conforme a su naturaleza a través de gestores autorizados.
- Una vez finalizada la vida útil de la instalación, se procederá al desmantelamiento de la misma, gestionado los residuos producidos en función de su naturaleza.
- e) *Protección contra incendios*: Se extremarán las precauciones para no ocasionar incendios forestales, debiendo adoptar todas las medidas necesarias para ello y cumpliendo todo lo especificado en la Orden FYM/510/2013, de 25 de junio.
- Se recomienda que las obras proyectadas, y en particular aquellas con mayor riesgo potencial de incendios, se lleven a cabo fuera del período de peligro alto de incendios y se respeten todas las medidas contempladas al efecto en el Estudio de Impacto Ambiental. No obstante, lo anterior, si por causas debidamente justificadas, fuera necesario llevarlas a cabo en época de peligro alto, deberán extremarse las precauciones, debiendo atenerse en todo caso a las medidas extraordinarias a aplicar en situaciones de riesgo meteorológico recogidas en el artículo 11 de la Orden FYM/510/2013.
- Finalmente los restos generados por los desbroces y el apeo del arbolado deberán sacarse del monte, evitando de este modo la acumulación de combustible en el mismo.
- f) *Protección del Patrimonio Histórico y Arqueológico*: Se llevarán a cabo las medidas de protección del patrimonio cultural que se establecen en el Plan de Vigilancia incluido en el Documento Ambiental presentado, realizando un control arqueológico periódico de los movimiento de tierra en la fase de contracción.
- Si en el transcurso de las obras apareciesen en el subsuelo restos históricos, arqueológicos o etnológicos, se paralizarán éstas en la zona afectada, procediendo el promotor a ponerlo en conocimiento de la Delegación Territorial de la Junta de Castilla y León en Salamanca, que dictará las normas de actuación que procedan, en aplicación del artículo 60 de la Ley 12/2002, de 11 de julio, de Patrimonio Cultural de Castilla y León y los artículos 124 a 127 del Decreto 37/2007, de 19 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección del Patrimonio Cultural de Castilla y León.

4.º– *Integración ambiental de los proyectos*.– El Proyecto de Ejecución que se presente en el órgano sustantivo, Servicio Territorial de Economía, recogerá y presupuestará todas las medidas presentadas, en el Documento Ambiental y este Informe de Impacto Ambiental, definiéndolas en el Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto, al objeto de dotarlas con los medios técnicos y materiales necesarios para llevarlas a cabo.

5.º– *Seguimiento y vigilancia*.– El seguimiento y vigilancia del cumplimiento de lo establecido en este informe de impacto ambiental corresponde a los órganos competentes por razón de la materia, facultados para el otorgamiento de la autorización del proyecto, sin perjuicio de que el órgano ambiental pueda recabar información de aquellos al respecto,

así como efectuar las comprobaciones necesarias en orden a verificar el cumplimiento del condicionado ambiental.

6.º– De conformidad a lo establecida en el Art. 47.5 de la Ley de Evaluación Ambiental, el informe de impacto ambiental no será objeto de recurso alguno sin perjuicio de lo que, en su caso, proceda en vía administrativa o judicial frente al acto, en su caso, de autorización del proyecto.

7.º– *Vigencia del informe impacto ambiental.*– Este informe de impacto ambiental perderá su vigencia y cesará en la producción de los efectos que le son propios si, una vez publicado en el Boletín Oficial de Castilla y León, no se hubiera producido la autorización del proyecto en el plazo de cuatro años desde su publicación, salvo que se acuerde la prórroga de la vigencia del informe de impacto ambiental en los términos previstos en el Art. 47.6 en adelante de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.

8.º– *Publicidad de la autorización del proyecto.*– Conforme a lo establecido en el artículo 48 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, el órgano sustantivo que autorice o apruebe la actuación a que se refiere este Informe de Impacto Ambiental deberá remitir al Boletín Oficial de Castilla y León, en el plazo de 15 días desde que se adopte la decisión de autorizar o denegar el proyecto, un extracto del contenido de dicha decisión que se establece en el Art. 48.2. Asimismo publicará en su sede electrónica la decisión sobre la autorización o denegación del proyecto, y una referencia del Boletín Oficial en el que se publicó el informe de impacto de impacto ambiental.

Salamanca, 13 de febrero de 2019.

El Delegado Territorial,
Fdo.: BIENVENIDO MENA MERCHÁN



ANEXO

Los bienes o derechos objeto de expropiación son los siguientes:

TITULAR	POLÍGONO	PARCELA	PARAJE/TOPONIMIA	TÉRMINO MUNICIPAL
ANTONIO GARDUÑO MARTÍN, M. ^a CRISTINA Y M. ^a DEL CARMEN GARDUÑO RODRÍGUEZ Y M. ^a CARMEN Y FELISA RODRÍGUEZ VELASCO	2	2	Aliseda	EL SAHÚGO
MINISTERIO AGRICULTURA, PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	506	9020	Río Águeda	EL BODÓN
FERNANDO DE VELASCO COLMENARES	506	5087	Collado Malvarín	EL BODÓN
FERNANDO DE VELASCO COLMENARES	506	5085	Collado Malvarín	EL BODÓN
DELEGACIÓN TERRITORIAL DE LA JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN EN SALAMANCA	506	9021	Carretera	EL BODÓN
MINISTERIO AGRICULTURA, PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	506	9023	CR Cáceres C. Rodrigo	EL BODÓN
IBERDROLA, S.A.	506	5082	Collado Malvarín	EL BODÓN

APÉNDICE 03 PUBLICACIÓN EN EL BOLETÍN OFICIAL DE LA PROVINCIA. RESOLUCIÓN de 7 de mayo de 2019, del Servicio Territorial de Economía de Salamanca, por la que se otorga autorización administrativa, aprobación de proyecto y declaración, en concreto, de utilidad pública del proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y las instalaciones de evacuación de la energía generada por la central hidroeléctrica de Irueña a través de la subestación de Fuenteguinaldo, en los términos municipales de El Bodón y El Sahugo (Salamanca), promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero. Expte.: ATLI-13.669



III. Administración Autonómica

JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN
Delegación Territorial de Salamanca
Servicio Territorial de Economía

RESOLUCIÓN DE 7 DE MAYO DE 2019, DEL SERVICIO TERRITORIAL DE ECONOMÍA DE LA JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN EN SALAMANCA, POR LA QUE SE OTORGA AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA, APROBACIÓN DE PROYECTO Y DECLARACIÓN, EN CONCRETO, DE UTILIDAD PÚBLICA DEL PROYECTO ELECTROMECÁNICO PARA EL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DE LA PRESA DE IRUEÑA Y LAS INSTALACIONES DE EVACUACIÓN DE LA ENERGÍA GENERADA POR LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE IRUEÑA A TRAVÉS DE LA SUBESTACIÓN DE FUENTEGUINALDO, EN LOS TÉRMINOS MUNICIPALES DE EL BODÓN Y EL SAHUGO (SALAMANCA), PROMOVIDO POR IDAE Y CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO. EXPTE.: ATLI-13.669.

ANTECEDENTES DE HECHO

1.- Con fecha 10/04/2017, CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO presentó ante este Servicio Territorial, Proyecto básico del aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña en el término municipal de El Sahugo (Salamanca), Documento Ambiental y separatas con la relación concreta e individualizada de los bienes y derechos de necesaria expropiación, solicitando la autorización administrativa previa de la instalación de la central hidroeléctrica de Irueña así como la declaración de utilidad pública de las instalaciones eléctricas de generación a los efectos de expropiación forzosa de los bienes y derechos necesarios para su establecimiento.

2.- Con fecha 13/03/2018 CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO presenta el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Básico de Obra Civil para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña, con objeto de realizar los trámites ambientales.

3.- Con fecha 22/03/2018 se remite al Servicio Territorial de Medio Ambiente, el Estudio de Impacto Ambiental, el Proyecto Básico de Línea de interconexión y el Proyecto Básico Electromecánico, para que determine si dicho proyecto debe someterse a Evaluación de Impacto Ambiental simplificada, tanto del proyecto como de la línea de evacuación de energía eléctrica. El Servicio Territorial de Medio Ambiente, con fecha 10/04/2018, acuerda que el proyecto presentado está sometido a evaluación de impacto ambiental simplificada conforme a la ley 21/2013 de 9 de diciembre de Evaluación Ambiental al estar incluido en el supuesto del Anexo II, Grupo 4, letra d).

4.- En cumplimiento de lo establecido en los artículos 54 y 55 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico; en los artículos 125 y 144 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministros y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica y en el artículo 9 del Decreto 127/2003, de 30 de octubre, por el que se regulan los procedimientos de autorizaciones administrativas de instalaciones de energía eléctrica en Castilla y León, modificado por el Decreto 13/2013, de 18 de abril, fue sometida a información pública el proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y evacuación de la energía generada por la central y posterior inyección en la red eléctrica, a través de la Subestación de Fuenteguinaldo, mediante anuncios en el «B.O.C. y L.» n.º 113, de fecha 13/06/2018



y «B.O.P.» n.º 112, de fecha 12/06/2018. Dicha información estuvo expuesta en el tablón de anuncios de los Ayuntamientos de El Sahugo y El Bodón.

A los interesados identificados por la empresa beneficiaria de la expropiación propuesta se les notificó personalmente el anuncio de información pública citado en el párrafo anterior.

5.- Con fecha 05/07/2018 y dentro del tiempo habilitado para ello, se presentaron alegaciones por parte de D. José Manuel Lorenzo Huerta, en calidad de Presidente del Comité Antinuclear y Ecologistas de Salamanca, siendo remitida una copia de las mismas por parte de este Servicio Territorial a CHD, con fecha 25/07/2018.

6.- Con fecha 02/10/2018, CHD remite, a este Servicio Territorial, informe a las alegaciones presentadas por el Comité Antinuclear y Ecologistas de Salamanca y por el Servicio Territorial de Medio Ambiente de Salamanca, contestando a las mismas pero recordando que ambas alegaciones son extemporáneas y no pueden ser tenidas en cuenta a la hora de la autorización, aprobación del proyecto y declaración de utilidad pública del aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña.

7.- Con fecha 17/12/2018 se envía Nota Interior al Servicio Territorial de Medio Ambiente remitiendo copia del informe de CHD a las alegaciones presentadas.

8.- Con fecha 08/02/2019, CHD presenta una ampliación contestación al informe del Servicio Territorial de Medio Ambiente que se remite a dicho Servicio Territorial con fecha 14/02/2019.

9.- Con fecha 14/02/2019 el Servicio Territorial de Medio Ambiente remite a este Servicio, resolución firmada por el Delegado Territorial de la Junta de Castilla y León en Salamanca, por la que se hace público el Informe de Impacto Ambiental del proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña, que es publicada en el B.O.C.yL nº 36 de fecha 21/02/2019.

FUNDAMENTOS DE DERECHO

1.- El Delegado Territorial de la Junta de Castilla y León en Salamanca es competente para resolver este procedimiento, de conformidad con lo establecido en el Decreto 156/2003, de 26 de diciembre, por el que se atribuyen y desconcentran competencias en los Órganos Directivos Centrales de la Consejería de Economía y Empleo y en los Delegados Territoriales de la Junta de Castilla y León, competencia que tiene delegada en el Jefe del Servicio Territorial de Economía, por la Resolución de 30 de enero de 2004, de la Delegación Territorial de la Junta de Castilla y León en Salamanca, por la que se delegan determinadas competencias en el Jefe del Servicio Territorial competente en materia de industria, energía y minas.

2. – En la tramitación de este expediente se han tenido en cuenta las siguientes disposiciones legales y reglamentarias:

> Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

> Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministros y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

> Decreto 127/2003, de 30 de octubre, por el que se regulan los procedimientos de autorizaciones administrativas de instalaciones de energía eléctrica en Castilla y León, modificado por el Decreto 13/2013, de 18 de abril.



> Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

> Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

> Ley de 16 de diciembre de 1954, de Expropiación Forzosa.

> Decreto de 26 de abril de 1957 por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Expropiación Forzosa.

> Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.

> Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

3.- El proyecto se ha sometido a todos los requisitos legales que le son de aplicación.

A la vista de los antecedentes de hecho y fundamentos de derecho, este Servicio Territorial de Economía, a propuesta del Técnico Facultativo, RESUELVE:

I.- AUTORIZAR a CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO, el proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Iruña y evacuación de la energía generada por la central y posterior inyección en la red eléctrica, a través de la subestación de Fuenteguinaldo, propiedad de Iberdrola, cuyas características principales son las siguientes:

1.- Dos turbinas Francis de eje horizontal de 4,40 m³/s de caudal nominal cada una para un salto de diseño nominal de 58,60 m con una velocidad nominal de diseño de 600 rpm y una potencia máxima por turbina de 2,4 Mw.

2.- Dos generadores síncronos trifásicos tipo brushless (excitación sin escobillas) de eje horizontal, refrigerados por aire, de 6 kV de tensión y 2,8 MVA de potencia nominal para la producción de energía eléctrica en la Presa de Iruña.

3.- Subestación eléctrica elevadora formada por un parque interior de 6 kV constituido por una serie de celdas modulares de media tensión, instaladas en el interior de la casa de máquinas y un parque exterior intemperie de 45 kV formado por una única posición de línea-transformador, protegido por interruptor y autoválvulas. La Subestación intemperie dispondrá de un pórtico de salida, desde el que tendrá inicio la línea aérea.

4.- Línea eléctrica aérea para la evacuación de la energía generada por la Central, de 45 kV de tensión nominal, de 1842 m de longitud con conductor LARL-180, con 15 apoyos metálicos de celosía, con origen en la Subestación elevadora y final en la Subestación de Fuenteguinaldo.

II.- APROBAR el Proyecto de Ejecución de las instalaciones indicadas, conforme a la reglamentación técnica aplicable y con las siguientes condiciones:

1º.- Las contenidas en el Informe de Impacto Ambiental, publicada en el BOCyL de fecha 21 de febrero de 2019 y que se incorpora íntegramente, como ANEXO I, a la presente Resolución.

2º.- Las obras deberán realizarse de acuerdo con el Proyecto y documentación técnica presentada, con las variaciones que en su caso se soliciten y autoricen.



3ª.- Por los citados Organismos se comprobará si en la ejecución del proyecto se cumplen las condiciones impuestas por los Reglamentos, para lo cual el titular dará cuenta del comienzo de los trabajos.

4ª.- El plazo para la solicitud del acta de puesta en servicio de estas instalaciones que se autorizan será de doce meses a partir de la notificación de la resolución. El interesado podrá solicitar, por razones justificadas, prórroga de dicho plazo. Dicha prórroga no se concederá por un plazo superior a la mitad del primer plazo, y tanto la petición del interesado como la decisión sobre la ampliación, deberá producirse, en todo caso, antes del vencimiento del plazo.

5ª.- Para introducir modificaciones en las instalaciones que afecten a los datos básicos del proyecto presentado, será necesario obtener la autorización de este Servicio Territorial.

6ª.- Una vez realizadas las instalaciones, en cumplimiento de la reglamentación técnica aplicable, plazos señalados de ejecución y trámites administrativos, así como el resultado de las pruebas, ensayos e inspecciones reglamentarias, efectuadas en presencia del órgano territorial competente o entidad colaboradora y la comprobación del correcto funcionamiento de las mismas, la empresa promotora solicitará el acta de puesta en servicio debiendo aportar para ello el correspondiente certificado final de obra, según modelo establecido por esta Administración, firmado por el técnico facultativo competente, en el que conste que la instalación se ha realizado de acuerdo con las especificaciones contenidas en el proyecto de ejecución aprobado, así como el resto de documentación final.

7ª.- La presente autorización, se entiende otorgada sin perjuicio de terceros y dejando a salvo los derechos particulares, e independientemente de las autorizaciones, licencias o permisos que pudieran corresponder a otros Organismos Administrativos o Entidades.

8ª.- La Administración dejará sin efecto la presente resolución en cualquier momento que observe el incumplimiento de las condiciones impuestas en ella.

9ª.- IDAE y CHD darán cuenta de la terminación de las obras al Servicio Territorial de Economía, para realizar las comprobaciones que estime oportunas, y el levantamiento en su caso, del acta de puesta en marcha, sin cuyo requisito, la instalación no podrá entrar en funcionamiento.

10ª.- Las partes aéreas de la instalación de alta tensión, no aisladas, deberán realizarse cumpliendo lo establecido en el Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

Las medidas adoptadas para dar cumplimiento a esta condición deberán ser recogidas por el director de obra en la correspondiente certificación final de obra.

Contra la presente resolución, que no agota la vía administrativa, podrá interponer Recurso de Alzada ante el Ilmo. Sr. Director General de Energía y Minas, en el plazo de un mes contado a partir del día siguiente al de la notificación de esta Resolución, conforme a lo dispuesto en los artículos 112, 121 y 122 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.

Salamanca, 7 de mayo de 2019.

LA JEFA DEL SERVICIO TERRITORIAL

Por Delegación (Resolución de 30 de enero de 2004)

Fdo.: Saturnina Moro Malmierca.



ANEXO I

RESOLUCIÓN de 13 de febrero de 2019, de la Delegación Territorial de Salamanca, por la que se hace público el informe de impacto ambiental del proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña, promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero, ubicada en los términos municipales de El Saugo, El Bodón y Fuenteguinaldo (Salamanca). Expte.: EIA-SA-18-08 (S).

En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 47.3 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental y en el artículo 59 del Texto refundido de la Ley de Prevención Ambiental de Castilla y León, aprobado por el Decreto Legislativo 1/2015, de 12 de noviembre; se hace público, para general conocimiento, el Informe de Impacto Ambiental por el que se determina que no tiene efectos significativos sobre el Medio Ambiente el proyecto de «aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña», promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero, ubicada en los TT.MM. de El Saugo, El Bodón y Fuenteguinaldo.

Esta Delegación Territorial, es el órgano administrativo de medio ambiente competente para ejercer en el ámbito de la Comunidad de Castilla y León, las funciones fijadas en el artículo 11.2 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental, en virtud del Art. 52.2 del texto refundido de la Ley de Prevención Ambiental de Castilla y León, aprobada por D.Lvo. 1/2015, de 12 de noviembre.

Salamanca, 13 de febrero de 2019.

El Delegado Territorial,

Fdo.: Bienvenido Mena Merchán

ANEXO QUE SE CITA

RESOLUCIÓN POR LA QUE SE FORMULA EL INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DE «APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DE LA PRESA DE IRUEÑA», PROMOVIDO POR IDAE Y CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO, UBICADA EN LOS TT.MM. DE EL SAUGO, EL BODÓN Y FUENTEGUINALDO. EIA-SA-18-08 (S)

El artículo 7.2 apartado a) de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental, establece que los proyectos comprendidos en el Anexo II serán objeto de una Evaluación de Impacto Ambiental Simplificada, en la que el órgano ambiental determinará si dicho proyecto debe someterse a una Evaluación de Impacto Ambiental Ordinaria o por el contrario no tiene efectos significativos sobre el medio ambiente. La decisión debe ser motivada y pública y se ajustará a los criterios establecidos en el Anexo III.

El proyecto arriba referenciado se somete a Evaluación de Impacto Ambiental Simplificada, por encontrarse en el Anexo II Grupo 4. Industria energética, letra d).

d) Instalaciones para la producción de energía hidroeléctrica.

1.- Objeto y descripción del proyecto.

El proyecto tiene como objeto el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y para ello se busca la solución más adecuada desde el punto de vista técnico económico y ambiental.



La presa de Irueña, se localiza entre los términos municipales de El Sahugo, El Bodón y Fuenteguinaldo, unos 500 m aguas abajo de la confluencia de los ríos Águeda y Maya. La minicentral que se proyecta se localizará a pie de la presa, en su margen derecha y cuenta con las siguientes infraestructuras:

- Tubería forzada, de unos 220 m de longitud, enterrada en su mayor parte y \varnothing 2 m y que parte de una toma hidroeléctrica ya construida.
- Casa de máquinas, para la implantación de dos grupos turbo generadores de tipo Francis, de dimensiones reducidas (33x17) m.
- Dado que la tensión de generación de los grupos se establece en 6 kV, se hace necesaria la construcción en las inmediaciones de la casa de máquinas de una subestación transformadora (SE. Irueña) que eleve a 45 kV la tensión de generación de los grupos.
- Línea de evacuación (Línea eléctrica aérea de alta tensión - LEAT):
 - o Longitud: 1.842 m desde la nueva subestación eléctrica hasta la subestación de Fuenteguinaldo, ya existente.
 - o Tensión nominal 45 kV.
 - o Apoyos de celosía.
 - o Crucetas tipo tresbolillo atirantado.
- Caminos de acceso a la casa de máquinas.

En base al estudio de viabilidad técnico - económico del aprovechamiento hidroeléctrico de la Presa de Irueña, se deduce que el caudal de equipamiento óptimo es de 15,40 m³/s, correspondiente al funcionamiento simultáneo de dos grupos de generación dispares de 11,0 y 4,40 m³/s. Con el salto bruto disponible que es de 66,50 m, que es la diferencia de cota entre la toma y la cota en el nivel de agua de descarga y el caudal óptimo de diseño, la máxima potencia inyectable se establecía en 8,391 MW, pero según el titular de la subestación de Fuenteguinaldo, por incapacidad técnica dicha potencia no puede ser absorbida por la subestación, por lo que finalmente se reduce de 8,391 MW a 4,5 MW la máxima potencia inyectable.

2.- Documentación presentada.

El Documento Ambiental presentado, realiza un análisis de alternativas, descartando la Alternativa 0, que supondría desaprovechar el potencial hidráulico de la infraestructura, frente a otras alternativas basadas en los siguientes aspectos: el tipo de equipamiento hidráulico y en el trazado de la línea eléctrica de evacuación.

En cuanto al tipo de equipamiento se plantean 3 hipótesis o alternativas, optándose por la 2.ª hipótesis, consistente en la puesta de dos turbinas tipo FRANCIS, una principal y la segunda más pequeña dimensionada para un porcentaje del caudal máximo de la principal en base a que ofrece una flexibilidad de operación suficiente y el coste económico es intermedio entre las otras dos. En cuanto a las alternativas de trazado el principal criterio utilizado para la selección final ha sido la longitud del trazado, que para la Alternativa 1 fue de 1.842 m, frente a los más de 2.100 m que presentaba la Alternativa 2.

El Documento ambiental incluye un pequeño análisis del medio afectado, se realiza una identificación y valoración de los impactos más significativos, en su mayor parte valorado como compatibles y en algún caso como moderado, aquellos que afectan a los ciclos biológicos, la di-



námica fluvial y a la avifauna por causa del tendido eléctrico. Se proponen toda una serie de medidas preventivas y correctoras que minimizarán dichos impactos, tanto en la fase de construcción como en la de explotación. Finalmente se plantea un programa de vigilancia ambiental, bastante completo y detallado que garantiza el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras propuestas.

3.- Tramitación y consultas.

El 10 de abril de 2018, tiene entrada el Documento Ambiental denominado por el promotor como Estudio de Impacto Ambiental, para la tramitación de la evaluación de impacto ambiental simplificada del proyecto básico de aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Iruña.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 46 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental y tras la remisión de la solicitud de inicio, el Proyecto y el Documento Ambiental por parte del Servicio Territorial de Economía, se procedió por el Servicio Territorial de Medio Ambiente de Salamanca a la apertura del trámite de consultas a las Administraciones públicas afectadas y a las personas interesadas que se relacionan en la siguiente tabla. La relación de los consultados así como los informes recibidos se reflejan en la misma:

ADMINISTRACIONES Y/O PERSONAS INTERESADAS	CONTESTACIÓN
Ayuntamiento de El Sahugo	
Ayuntamiento de El Bodón	
Ayuntamiento de Fuenteguinaldo	
Diputación Provincial de Salamanca	X
Confederación Hidrográfica del Duero	X
S. T. de Cultura y Turismo de la J.C. y L. en Salamanca	X
S.T. de Agricultura y G. de la J.C. y L. en Salamanca	
S.T. de Fomento de la J.C. y L. en Salamanca	
S.T. de Sanidad y B. S. de la J.C. y L. en Salamanca	X
S.T. de Economía de la J.C. y L. en Salamanca	X
Secretaría Territorial - Sección de Protección Civil	
S.T. de M.A. (Área de Gestión Forestal)	X
S.T. de M.A. (Sección de Protección Ambiental)	X
Ecologistas en Acción de Salamanca	X

Cabe destacar que el Servicio Territorial de Medio Ambiente emite varios informes. En un primer informe de fecha 23 de julio de 2018, se solicita al promotor que estudie la posibilidad técnica para la restitución de la continuidad longitudinal del río Águeda. Tras la contestación del promotor, que es remitida a través del Servicio Territorial de Economía el 17 de diciembre de 2018 y completada con nuevo informe de fecha 23 de enero de 2019, en el que se justifica la inviabilidad técnica ni económica de dicha actuación, se informa de nuevo, dejando sin efecto la restitución del cauce y manteniendo el cumplimiento del resto de las condiciones y



consideraciones del IMENA (informe de afección al medio natural que incluye el IRNA informe de afección a Red Natura 2000). Todas ellas han sido tenidas en cuenta en el presente Informe de Impacto Ambiental.

El informe de Confederación detecta una serie de deficiencias en la documentación, presentada en relación con la consideración de los caudales ecológicos que será necesario revisar, así como el tema de planos, todo ello se pone como condicionado en el Informe de Impacto Ambiental.

Ecologistas en Acción insisten en que el órgano sustantivo debería ser la propia Confederación, que es la que otorga la concesión y por tanto el impacto debería ser a nivel de la Administración Central. Alegación que ya ha sido contestada en varias ocasiones por el Ministerio con competencias medioambientales, considerando que el órgano sustantivo debe ser el que ostente las competencias para el uso que se va a dar al agua, en este caso el uso es industrial (producción de energía).

3.- Análisis según los criterios del Anexo III (según nueva redacción de la Ley 9/2018, 5 de diciembre).

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

Dimensión y diseño del proyecto: El hecho de contar con una presa ya existente, reduce considerablemente los posibles impactos del aprovechamiento hidroeléctrico, que se reducen a la construcción de la tubería de conducción de 220 m, el edificio de máquinas donde se ubican las turbinas de producción, situada aguas abajo de la presa y la de la línea de evacuación hasta la subestación, cuya longitud prevista es de aproximadamente 2 km. Según el proyecto la producción máxima con las dos turbinas sería de 8,391 MW, pero dado que el punto de conexión (subestación de Fuenteguinaldo) no puede asumir dicha potencia eléctrica, se optó por reducir la misma a 4,5 MW, que si es asumible sin que se produzcan sobrecargas en la subestación.

El proyecto de forma global en base a la producción y longitud de la línea eléctrica, podemos considerarlo como un proyecto de dimensiones reducidas.

Acumulación con otros proyectos: El aprovechamiento hidroeléctrico más próximo se encuentra aguas abajo del río Águeda a 4,78 km, denominado el Molino de Andrés, por lo cual dada la lejanía entre ambos proyectos no se considera que puedan tener efectos acumulativos.

Utilización de recursos naturales: El principal recurso a utilizar es el agua, que ya se encuentra embalsada con la presa existente (Iruña) y que será turbinada para la producción de energía eléctrica. Se garantizará en todo momento el mantenimiento de los caudales ecológicos, conforme a las condiciones establecidas en el informe de la propia Confederación, de esta forma se asegurará el mantenimiento de los ecosistemas aguas abajo de la central. Por otro lado el uso del agua para la generación de energía se puede considerar como una gestión del agua beneficiosa para el medio ambiente, por eso la energía hidroeléctrica es considerada una energía renovable.

Generación de residuos: Se producirán principalmente durante la fase de obras, durante la construcción de la casa de máquinas, la subestación y las conducciones. Se producirá polvo y residuos de construcción y demolición y durante la fase de explotación los residuos que se producirán serán, los asociados al mantenimiento de las instalaciones. Será necesario una correcta gestión de todos ellos para evitar posibles impactos.

Contaminación y otras perturbaciones: Este tipo de proyectos no supone en principio ningún riesgo de contaminación, salvo los riesgos potenciales de contaminación de suelos o del



agua por vertido accidental de la maquinaria, cuya probabilidad es muy baja y mitigables con mediadas de protección y el establecimiento de zonas habilitadas para los trabajos de mantenimiento.

En cuanto al ruido, será el generado por las obras y posteriormente por la turbinas en la fase de explotación que deberá ajustarse a la Ley del ruido.

Riesgos de accidente graves y/o catástrofes: El proyecto actual no supone en principio ningún tipo de accidentes graves, contando con medidas de seguridad que incorporan un mecanismo de automatismo que garantizan la abertura de los órganos desagüe de la presa en caso de avenida o corte eléctrico en los equipos.

Riegos para la salud humana: No se prevé en principio ningún tipo de riegos para la salud humana.

UBICACIÓN DEL PROYECTO.

Uso presente del suelo: Dado que la actuación se realiza sobre la propia presa, luego estará directamente sobre zona de Dominio Público Hidráulico y el uso está ligado directamente al embalse de Irueña y su zona de influencia.

Salvo los 2 km de tendido eléctrico, el resto de instalaciones hidroeléctricas tienen una ocupación muy reducida y limitada a pie de presa y ubicadas entre la cerrada de Irueña y la presa colchón existente, localizada a 200 m aguas abajo de esta, por lo que no se ha previsto que se deje ningún tramo del río «en seco» durante la explotación del sistema.

En cuanto a la abundancia relativa, la calidad y capacidad regenerativa de los recursos en la zona y su subsuelo: El embalse y la presa existente, que ya fueron evaluados en su día, son los que causaron una fuerte transformación de los ecosistemas de la zona y en especial sobre los ríos Águeda y Mayas, el proyecto actual se ubica en una zona ya afectada por este tipo de infraestructuras, con una capacidad de regeneración muy difícil y muy a largo plazo.

La capacidad de absorción del medio natural, teniendo en cuenta las posibles figuras de protección ambiental que puedan verse afectadas, se puede señalar que:

- El proyecto está justo en el límite del ZEC El Rebollar (ES4150032), espacio incluido en Red Natura 2000.
- No se encuentra incluido dentro de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Castilla y León.
- El proyecto se ubica dentro del ámbito de aplicación del Plan de Recuperación de la Ciéguña negra en Castilla y León, pero no coincide con Área Crítica para la especie.
- En relación con el cumplimiento de lo previsto en el artículo 4, punto 3, del Decreto 63/2007, de 14 de junio, por el que se crean el Catálogo de Flora Protegida de Castilla y León y la figura de protección denominada Microrreserva de Flora, se hace constar que, consultada la información disponible en la Consejería, en el ámbito de aplicación se ha constatado la presencia de los siguientes taxones, todos ellos de atención preferente pero con distinta calidad de la cita (cuadrículas entre 1-10 km²).
 - Catálogo de Flora Protegida: Catálogo Calidad cita*
 - *Spiranthes aestivalis* (Poiret) L. C. M. Richard 3 Atenc. Pref. 2
 - *Thymelaea procumbens* A. Fern. & R. Fern. 3 Atenc. Pref. 2



- *Orchis conica* Willdenow 3 Atenc. Pref. 1
- *Thymus caespititius* Brot. 3 Atenc. Pref. 2

• No existe coincidencia territorial con ningún monte de Utilidad Pública, si bien el más cercano, el MUP N.º 34 «Dehesa de Abajo» de Robleda, se encuentra a 700 m de distancia en su punto más cercano, a la nueva LEAT.

• En cuanto a la superficie forestal afectada por las obras se corresponde con vegetación mayoritariamente constituida por formaciones de rebollo (*Quercus pyrenaica*) y encina (*Quercus ilex*) con matorral compuesto por distintas especies de leguminosas, predominando *Genista* sp. y *Cytisus* sp., por lo que a efectos legales tiene la consideración de monte. El proyecto contempla la necesidad de proceder a la corta de entre 15 y 20 ejemplares arbóreos de roble y encina.

• Junto al emplazamiento objeto de la actuación, existen los siguientes Hábitats de Interés Comunitario (HIC) incluidos en el Anexo I de la Ley 42/2007 de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad:

- o 4090 Brezales oromediterráneos endémicos con aliaga.
- o 6310 De *Quercus suber* y/o *Quercus ilex*.
- o 91E0* (91E.2) Alisedas de ríos con orillas fangosas procedentes de avenidas.
- o 9230 Robledales galaico-portugueses con *Quercus robur* y *Quercus pyrenaica*.

• En cuanto a las especies incluidas en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (Anexos II, VI y V), presentes en el ámbito del proyecto, en el Listado de Especies Silvestre en Régimen de Protección Especial (LESPE) y Catálogo Español de Especies Amenazadas (CEA):

• Entre la fauna piscícola podemos encontrar barbo común (*Barbus bocagei*), la trucha común (*Salmo trutta*), colmilleja del Alagón (*Cobitis vettonica*), boga del Duero (*Chondrostoma duricense*) y calandino (*Squalius alburnoides*). Los tres últimos se encuentran incluidos en el Anexo II de la Ley 42/2007 y en la Directiva 92/43/CEE, la colmilleja del Alagón, con presencia en el río Águeda, está en la Lista Roja de la UICN catalogada como En Peligro.

• De los mamíferos presentes destacan la nutria (*Lutra lutra*) y el gato montés (*Felis silvestris*). Estas especies están recogidas en los Anexos II y V de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad y están incluidos en el LESPE.

• En el entorno de la minicentral está citado el invertebrado *Margaritifera margaritifera*, especie catalogada En Peligro de Extinción en el Catálogo Español de Especies Amenazadas. Esta especie es dependiente, para completar su ciclo biológico, de las poblaciones de truchas (*Salmo trutta*).

• Las aves presentes son el milano real (*Milvus milvus*) catalogado como En Peligro de Extinción en el CEA, también se pueden localizar cigüeña negra (*Ciconia nigra*) y alimoche (*Nephroneurus percnopterus*), catalogados ambos como Vulnerable en el CEA, y otras como águila real (*Aquila chrysaetus*), milano negro (*Milvus migrans*), águila calzada (*Hieraetus pennatus*) y culebrera europea (*Circaetus gallicus*), todas incluidas en el LESPE.

• Es destacable la presencia en el área del milano real (*Milvus milvus*), especie asociada a lugares arbolados, tal y como es el caso. Su presencia en el ámbito del proyecto abarca todo



el año, albergando una población reproductora e invernante importante. Las electrocuciones en apoyos eléctricos se identifican como una de las principales causas de mortalidad de origen antrópico del milano real en Castilla y León.

- Con respecto a la herpetofauna, la zona objeto de actuación alberga poblaciones de galápago europeo y leproso cuyas poblaciones a nivel de la Comunidad de Castilla y León vienen sufriendo un fuerte declive (Alarcos et al, 2006). Las causas achacadas a este declive, que pueden relacionarse con las consecuencias de la actividad aquí analizada, son la fragmentación de los medios y especialmente la degradación de su hábitat (alteración, desecación de los medios, contaminación) (Pleguezuelos et al., 2002).

- No hay constancia de la presencia de ejemplares incluidos en el Catálogo Regional de Árboles Notables en el área de influencia del proyecto.

- Vía pecuaria: No hay afección.

- Tampoco afecta a Zonas Húmedas Catalogadas.

No existe constancia de que la zona haya superado los objetivos de calidad medioambiental. Asimismo la zona tampoco puede calificarse como área de gran densidad demográfica la suma de los habitantes de los tres municipios más próximos es de 1.154 habitantes.

Asimismo en cuanto a la posible afección al patrimonio cultural, según el informe el Servicio Territorial de Cultura, en el ámbito del proyecto fue objeto de un prospección arqueológica en 1998, con motivo de la construcción del embalse de Irueña y no se localizó ningún elemento del patrimonio arqueológico o etnológico.

CARACTERÍSTICAS DEL POTENCIAL IMPACTO.

El proyecto produce un impacto ambiental localizado en el espacio, no presentando carácter transfronterizo. Salvo el impacto producido en su día por la construcción de la presa, que ha supuesto una barrera infranqueable para la fauna piscícola, en el proyecto actual no se prevén impactos significativos sobre las aguas superficiales ni sobre la fauna acuática del río Águeda al mantenerse el vertido de los caudales ecológicos establecidos y no dejando ningún tramo del río «en seco». Además, y del lado de la seguridad, el proyecto ha incorporado un mecanismo de automatismo que garantiza la abertura de los órganos de desagüe de la presa en caso de avería o corte eléctrico en los equipos.

La magnitud del mismo se puede considerar asumible. Por el momento se considera que la zona cuenta con suficiente capacidad de acogida y los posibles impactos residuales del proyecto serán eliminados o minimizados con una serie de medidas correctoras.

Por todo ello considerado adecuadamente tramitado el expediente y de acuerdo con lo establecido en el Art. 47 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental, teniendo en cuenta el resultado de las consultas realizadas y siguiendo los criterios del Anexo III de la citada Ley y vista la Propuesta de la Comisión Territorial de Medio Ambiente y Urbanismo de Salamanca en su reunión de fecha 12 de febrero de 2019 el órgano ambiental:

RESUELVE

1.º- Determinar que el Proyecto de «APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DE LA PRESA DE IRUEÑA», promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero, NO TIENE EFECTOS SIGNIFICATIVOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE, en los términos establecidos en el presente Informe de Impacto Ambiental, por los motivos expuestos anteriormente y sin perjuicio de otra normativa vigente que sea de aplicación.



2.º– Afección a Red Natura 2000 y otros valores naturales.– Según el informe emitido el por el Servicio Territorial de Medio Ambiente de Salamanca, se concluye que tras estudiar la ubicación de las actuaciones previstas y comprobar su coincidencia con la Red Natura 2000, y una vez analizadas y valoradas las mismas, se considera realizada la evaluación requerida por el artículo 2 del Decreto 6/2011, de 10 de febrero, concluyéndose que las actuaciones proyectadas, ya sea individualmente o en combinación con otros proyectos no causarán perjuicio a la integridad del siguiente lugar incluido en Red Natura 2000: ZEC El Rebollar (ES4150032), siempre y cuando se cumplan las condiciones establecidas expuestas en el presente Informe, que constituyen el Informe de Evaluación de la Repercusiones sobre la Red Natura 2000 (IRNA) tal y como se define en el artículo 5 Decreto 6/2011, de 10 de febrero.

3.º– Medidas protectoras.– Las medidas preventivas, correctoras a efectos ambientales, a las que queda sujeta la ejecución y posterior fase de funcionamiento del presente proyecto, son las siguientes, además de las contempladas en el Estudio de Impacto Ambiental de fecha febrero de 2017 considerado en este expediente como Documento Ambiental, y siempre que no contradigan a las que se exponen a continuación:

- a) Protección de las aguas: Para el mantenimiento del régimen de caudales ecológicas se deberá emplear los caudales que sean hidrológicamente compatibles con el régimen natural de la masa de agua afectada y se deberán usar los que dispone la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Duero para la masa de agua 200687-Embalse de Iruña, en su punto final, que coincidiría con el inicio de la 626 «río Águeda desde la presa del embalse de Iruña hasta la cola del embalse del Águeda».

- Conforme a lo establecido en el Art. 28 del Plan Hidrológico, se deberá tener en cuenta lo establecido en apartado 2.º sobre la instalación de dispositivos de medida y registro continuo del caudal turbinado y del ecológico así como del nivel de embalse, como forma de garantizar el régimen del cumplimiento de los caudales ecológico y que no se produzcan «emboladas». Así mismo se instalarán dispositivos que eviten la entrada de peces en las tomas.

- En cuanto al posible alumbramiento de aguas subterráneas se atenderá a lo dispuesto en los Arts. 16 y 316 del Reglamento de Dominio Público Hidráulico (DPH).

- Durante los movimientos de tierras se deberán establecer las medidas necesarias para la retención de sólidos, previa la evacuación de las aguas de escorrentía superficial, así como otras posibles medidas para reducir al mínimo el riesgo de contaminación de las aguas superficiales. Si finalmente se produjera vertido sobre el DPH se deberá solicitar la correspondiente autorización de vertido a la CHD.

- Los acopios de materiales se ubicarán de manera que se impida cualquier riesgo de vertido, ya sea directo o indirecto, por escorrentía, erosión, infiltración u otros mecanismos, sobre las aguas superficiales o subterráneas.

- Se deberán tomar las medidas oportunas para asegurar que, en ningún caso, se produzcan vertidos de aceites, combustibles, lubricantes, u otras sustancias similares al terreno o a los cursos de agua. En todo caso es deseable la elaboración de protocolos de actuación específicos en prevención de la ocurrencia de vertidos accidentales de este tipo de sustancias para actuar de manera rápida y evitar la contaminación de las aguas.

- Para evitar el riesgo potencial de contaminación de las aguas, la zona de mantenimiento de la maquinaria deberá estar fuera del DPH y en la medida de lo posible fuera de la zona de policía de cauces y de zonas situadas sobre materiales de elevada permeabilidad. Se recomienda que el mantenimiento de la maquinaria se realice en zonas habilitadas para ello fuera de la zona de obra.



- Para la elección de la ubicación de las instalaciones auxiliares y parques de maquinaria se deberá evitar la ocupación del DPH y la zona de servidumbre de los cauces. Se evitar también, en la medida de lo posible, la ocupación de la zona de policía de cauces y de zonas situadas sobre materiales de elevada permeabilidad. En todo caso dicha zona deberá estar impermeabilizada para evitar la contaminación de aguas subterráneas y las aguas procedentes de las escorrentías de estas zonas deberán ser recogidas y gestionadas adecuadamente para evitar la contaminación sobre el DPH.

- En relación con las aguas residuales generadas por la eventual instalación de aseos, duchas, en las casetas de obra, se recomienda la disposición de un depósito estanco, sin salida al exterior, que almacene las aguas residuales para posteriormente ser gestionadas a través de gestor autorizado. Si finalmente se vierten a DPH se deberá disponer de la correspondiente autorización de vertido.

- b) Protección del suelo y la vegetación: Todas las zonas de trabajo y los accesos se balizarán correctamente para impedir la dispersión de trazadas.

- Las zonas de acopios de materiales procedentes de desmonte y otras sustancias, no se ubicarán en la ZEC El Rebollar (ES4150032) ni sobre los hábitats de interés comunitario presentes fuera de la ZEC, ni cerca del cauce.

- Tras la apertura de la zanja que albergará la tubería se mantendrá la tierra vegetal en cordones de reducida altura para su posterior reposición.

- En todo caso se considera importante el mantenimiento de la vegetación de ribera, especialmente la autóctona, que pueda existir en la zona de actuación, tanto arbórea como arbustiva, puesto que desempeña importantes funciones ecológicas e hidrológicas.

- c) Protección de la avifauna: En la nueva línea eléctrica aérea, para las medidas anticollisión se utilizarán sistemas de aspas giratorias en vez de espirales o cintas de neopreno por ser sistemas más efectivos.

- Asimismo, dado que la instalación de dispositivos «salvapájaros» reduce pero no elimina la mortalidad, se deberán adoptar medidas compensatorias señalizando otras dos líneas que crucen el cauce del río Águeda.

- d) Gestión de los residuos: Los residuos generados durante la fase de obras serán gestionados conforme a lo establecido en el R.D. 105/2008 y entregados a gestor autorizado.

- Los residuos de la fase de explotación (mantenimiento de equipos, etc.) serán gestionados conforme a su naturaleza a través de gestores autorizados.

- Una vez finalizada la vida útil de la instalación, se procederá al desmantelamiento de la misma, gestionado los residuos producidos en función de su naturaleza.

- e) Protección contra incendios: Se extremarán las precauciones para no ocasionar incendios forestales, debiendo adoptar todas las medidas necesarias para ello y cumpliendo todo lo especificado en la Orden FYM/510/2013, de 25 de junio.

- Se recomienda que las obras proyectadas, y en particular aquellas con mayor riesgo potencial de incendios, se lleven a cabo fuera del período de peligro alto de incendios y se respeten todas las medidas contempladas al efecto en el Estudio de Impacto Ambiental. No obstante, lo anterior, si por causas debidamente justificadas, fuera necesario llevarlas a cabo en época de peligro alto, deberán extremarse las precauciones, debiendo atenderse en todo caso



a las medidas extraordinarias a aplicar en situaciones de riesgo meteorológico recogidas en el artículo 11 de la Orden FYM/510/2013.

- Finalmente los restos generados por los desbroces y el apeo del arbolado deberán sacarse del monte, evitando de este modo la acumulación de combustible en el mismo.

- f) Protección del Patrimonio Histórico y Arqueológico. Se llevarán a cabo las medidas de protección del patrimonio cultural que se establecen en el Plan de Vigilancia incluido en el Documento Ambiental presentado, realizando un control arqueológico periódico de los movimientos de tierra en la fase de contracción.

- Si en el transcurso de las obras apareciesen en el subsuelo restos históricos, arqueológicos o etnológicos, se paralizarán éstas en la zona afectada, procediendo el promotor a ponerlo en conocimiento de la Delegación Territorial de la Junta de Castilla y León en Salamanca, que dictará las normas de actuación que procedan, en aplicación del artículo 60 de la Ley 12/2002, de 11 de julio, de Patrimonio Cultural de Castilla y León y los artículos 124 a 127 del Decreto 37/2007, de 19 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección del Patrimonio Cultural de Castilla y León.

4.º- Integración ambiental de los proyectos.- El Proyecto de Ejecución que se presente en el órgano sustantivo, Servicio Territorial de Economía, recogerá y presupuestará todas las medidas presentadas, en el Documento Ambiental y este Informe de Impacto Ambiental, definiéndolas en el Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto, al objeto de dotarlas con los medios técnicos y materiales necesarios para llevarlas a cabo.

5.º- Seguimiento y vigilancia.- El seguimiento y vigilancia del cumplimiento de lo establecido en este informe de impacto ambiental corresponde a los órganos competentes por razón de la materia, facultados para el otorgamiento de la autorización del proyecto, sin perjuicio de que el órgano ambiental pueda recabar información de aquellos al respecto, así como efectuar las comprobaciones necesarias en orden a verificar el cumplimiento del condicionado ambiental.

6.º- De conformidad a lo establecida en el Art. 47.5 de la Ley de Evaluación Ambiental, el informe de impacto ambiental no será objeto de recurso alguno sin perjuicio de lo que, en su caso, proceda en vía administrativa o judicial frente al acto, en su caso, de autorización del proyecto.

7.º- Vigencia del informe impacto ambiental.- Este informe de impacto ambiental perderá su vigencia y cesará en la producción de los efectos que le son propios si, una vez publicado en el Boletín Oficial de Castilla y León, no se hubiera producido la autorización del proyecto en el plazo de cuatro años desde su publicación, salvo que se acuerde la prórroga de la vigencia del informe de impacto ambiental en los términos previstos en el art. 47.6 en adelante de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.

8.º- Publicidad de la autorización del proyecto.- Conforme a lo establecido en el artículo 48 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, el órgano sustantivo que autorice o apruebe la actuación a que se refiere este Informe de Impacto Ambiental deberá remitir al Boletín Oficial de Castilla y León, en el plazo de 15 días desde que se adopte la decisión de autorizar o denegar el proyecto, un extracto del contenido de dicha decisión que se establece en el Art. 48.2 Asimismo publicará en su sede electrónica la decisión sobre la autorización o denegación del proyecto, y una referencia del boletín oficial en el que se publicó el informe de impacto de impacto ambiental.

Salamanca, 13 de febrero de 2019.

El Delegado Territorial, Fdo.: Bienvenido Mena Merchán.



ANEXO

Los bienes o derechos objeto de expropiación son los siguientes:

TITULAR	POLÍGONO	PARCELA	PARAJE /TOPONIMIA	TÉRMINO MUNICIPAL
ANTONIO GARDUÑO MARTÍN, M ^a CRISTINA Y M ^a DEL CARMEN GARDUÑO RODRÍGUEZ Y M ^a CARMEN Y FELISA RODRÍGUEZ VELASCO	2	2	Aliseda	EL SAHÚGO
MINISTERIO AGRICULTURA, PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	506	9020	Río Águeda	EL BODÓN
FERNANDO DE VELASCO COLMENARES	506	5087	Collado Malvarín	EL BODÓN
FERNANDO DE VELASCO COLMENARES	506	5085	Collado Malvarín	EL BODÓN
DELEGACIÓN TERRITORIAL DE LA JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN EN SALAMANCA	506	9021	Carretera	EL BODÓN
MINISTERIO AGRICULTURA, PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	506	9023	CR Cáceres C. Rodrigo	EL BODÓN
IBERDROLA, SA	506	5082	Collado Malvarín	EL BODÓN

APÉNDICE 04 CORRECCIÓN de errores de la Resolución de 7 de mayo de 2019, del Servicio Territorial de Economía de Salamanca, por la que se otorga autorización administrativa, aprobación de proyecto y declaración, en concreto, de utilidad pública del proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la Presa de Irueña y las instalaciones de evacuación de la energía generada por la Central Hidroeléctrica de Irueña a través de la subestación de Fuenteguinaldo, en los términos municipales de El Bodón y El Sahugo (Salamanca), promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero. Expte.: ATLI-13.669



I. COMUNIDAD DE CASTILLA Y LEÓN

D. OTRAS DISPOSICIONES

CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA

Servicio Territorial de Industria, Comercio y Economía de Salamanca

CORRECCIÓN de errores de la Resolución de 7 de mayo de 2019, del Servicio Territorial de Economía de Salamanca, por la que se otorga autorización administrativa, aprobación de proyecto y declaración, en concreto, de utilidad pública del proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la Presa de Irueña y las instalaciones de evacuación de la energía generada por la Central Hidroeléctrica de Irueña a través de la subestación de Fuenteguinaldo, en los términos municipales de El Bodón y El Sahugo (Salamanca), promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero. Expte.: ATLI-13.669.

Advertido error en el texto remitido para su publicación de fecha de 7 de mayo de 2019, publicado en el Boletín Oficial de Castilla y León número 127 de fecha 4 de julio de 2019 y en el Boletín Oficial de la Provincia número 110 de fecha 11 de junio de 2019, se procede a efectuar la oportuna rectificación:

En la página 33304, donde dice:

RESOLUCIÓN de 7 de mayo de 2019, del Servicio Territorial de Economía de la Junta de Castilla y León en Salamanca, por la que se otorga autorización administrativa, aprobación de proyecto y declaración, en concreto, de utilidad pública del proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y las instalaciones de evacuación de la energía generada por la central hidroeléctrica de Irueña a través de la subestación de Fuenteguinaldo, en los términos municipales de El Bodón y El Sahugo (Salamanca), promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero. Expte.: ATLI-13.669.

Debe decir:

RESOLUCIÓN de 7 de mayo de 2019, del Servicio Territorial de Economía de la Junta de Castilla y León en Salamanca, por la que se otorga autorización administrativa previa del anteproyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y las instalaciones de evacuación de la energía generada por la central hidroeléctrica de Irueña a través de la subestación de Fuenteguinaldo, en los términos municipales de El Bodón y El Sahugo (Salamanca), promovido por IDAE y Confederación Hidrográfica del Duero. Expte.: ATLI-13.669.

En la página 33306, donde dice:

I.- AUTORIZAR a CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO, el proyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y evacuación

de la energía generada por la central y posterior inyección en la red eléctrica, a través de la subestación de Fuenteguinaldo, propiedad de Iberdrola, cuyas características principales son las siguientes:

- 1.– Dos turbinas Francis de eje horizontal de 4,40 m³/s de caudal nominal cada una para un salto de diseño nominal de 58,60 m con una velocidad nominal de diseño de 600 rpm y una potencia máxima por turbina de 2,4 Mw.
- 2.– Dos generadores síncronos trifásicos tipo brushless (excitación sin escobillas) de eje horizontal, refrigerados por aire, de 6 kV de tensión y 2,8 MVA de potencia nominal para la producción de energía eléctrica en la Presa de Iruña.
- 3.– Subestación eléctrica elevadora formada por un parque interior de 6 kV constituido por una serie de celdas modulares de media tensión, instaladas en el interior de la casa de máquinas y un parque exterior intemperie de 45 kV formado por una única posición de línea-transformador, protegido por interruptor y autoválvulas. La Subestación intemperie dispondrá de un pórtico de salida, desde el que tendrá inicio la línea aérea.
- 4.– Línea eléctrica aérea para la evacuación de la energía generada por la Central, de 45 kV de tensión nominal, de 1.842 m de longitud con conductor LARL-180, con 15 apoyos metálicos de celosía, con origen en la Subestación elevadora y final en la Subestación de Fuenteguinaldo.

II.– APROBAR el Proyecto de Ejecución de las instalaciones indicadas, conforme a la reglamentación técnica aplicable y con las siguientes condiciones:

- 1.^a– Las contenidas en el Informe de Impacto Ambiental, publicada en el B.O.C. y L. de fecha 21 de febrero de 2019 y que se incorpora íntegramente, como ANEXO I, a la presente Resolución.
- 2.^a– Las obras deberán realizarse de acuerdo con el Proyecto y documentación técnica presentada, con las variaciones que en su caso se soliciten y autoricen.
- 3.^a– Por los citados Organismos se comprobará si en la ejecución del proyecto se cumplen las condiciones impuestas por los Reglamentos, para lo cual el titular dará cuenta del comienzo de los trabajos.
- 4.^a– El plazo para la solicitud del acta de puesta en servicio de estas instalaciones que se autorizan será de doce meses a partir de la notificación de la resolución. El interesado podrá solicitar, por razones justificadas, prórroga de dicho plazo. Dicha prórroga no se concederá por un plazo superior a la mitad del primer plazo, y tanto la petición del interesado como la decisión sobre la ampliación, deberá producirse, en todo caso, antes del vencimiento del plazo.
- 5.^a– Para introducir modificaciones en las instalaciones que afecten a los datos básicos del proyecto presentado, será necesario obtener la autorización de este Servicio Territorial.
- 6.^a– Una vez realizadas las instalaciones, en cumplimiento de la reglamentación técnica aplicable, plazos señalados de ejecución y trámites administrativos, así como el resultado de las pruebas, ensayos e inspecciones reglamentarias,

efectuadas en presencia del órgano territorial competente o entidad colaboradora y la comprobación del correcto funcionamiento de las mismas, la empresa promotora solicitará el acta de puesta en servicio debiendo aportar para ello el correspondiente certificado final de obra, según modelo establecido por esta Administración, firmado por el técnico facultativo competente, en el que conste que la instalación se ha realizado de acuerdo con las especificaciones contenidas en el proyecto de ejecución aprobado, así como el resto de documentación final.

- 7.^a– La presente autorización, se entiende otorgada sin perjuicio de terceros y dejando a salvo los derechos particulares, e independientemente de las autorizaciones, licencias o permisos que pudieran corresponder a otros Organismos Administrativos o Entidades.
- 8.^a– La Administración dejará sin efecto la presente resolución en cualquier momento que observe el incumplimiento de las condiciones impuestas en ella.
- 9.^a– IDAE y CHD darán cuenta de la terminación de las obras al Servicio Territorial de Economía, para realizar las comprobaciones que estime oportunas, y el levantamiento en su caso, del acta de puesta en marcha, sin cuyo requisito, la instalación no podrá entrar en funcionamiento.
- 10.^a– Las partes aéreas de la instalación de alta tensión, no aisladas, deberán realizarse cumpliendo lo establecido en el Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

Las medidas adoptadas para dar cumplimiento a esta condición deberán ser recogidas por el director de obra en la correspondiente certificación final de obra.

Debe decir:

OTORGAR LA AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA PREVIA a CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO de anteproyecto electromecánico para el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de Irueña y evacuación de la energía generada por la central y posterior inyección en la red eléctrica, a través de la subestación de Fuenteguinaldo, propiedad de Iberdrola, cuyas características principales son las siguientes:

- 1.– Dos turbinas Francis de eje horizontal de 4,40 m³/s de caudal nominal cada una para un salto de diseño nominal de 58,60 m con una velocidad nominal de diseño de 600 rpm y una potencia máxima por turbina de 2,4 Mw.
- 2.– Dos generadores síncronos trifásicos tipo brushless (excitación sin escobillas) de eje horizontal, refrigerados por aire, de 6 kV de tensión y 2,8 MVA de potencia nominal para la producción de energía eléctrica en la Presa de Irueña.
- 3.– Subestación eléctrica elevadora formada por un parque interior de 6 kV constituido por una serie de celdas modulares de media tensión, instaladas en el interior de la casa de máquinas y un parque exterior intemperie de 45 kV formado por una única posición de línea-transformador, protegido por interruptor y autoválvulas. La Subestación intemperie dispondrá de un pórtico de salida, desde el que tendrá inicio la línea aérea.

- 4.– Línea eléctrica aérea para la evacuación de la energía generada por la Central, de 45 kV de tensión nominal, de 1.842 m de longitud con conductor LARL-180, con 15 apoyos metálicos de celosía, con origen en la Subestación elevadora y final en la Subestación de Fuenteguinaldo.

Con las siguientes condiciones:

- 1.^a– Las contenidas en el Informe de Impacto Ambiental, publicada en el B.O.C. y L. de fecha 21 de febrero de 2019 y que se incorpora íntegramente, como ANEXO I, a la presente Resolución.
- 2.^a– Deberá solicitarse la autorización administrativa del proyecto de ejecución en el plazo de 24 meses a partir de la notificación de esta resolución, indicando que se producirá su caducidad si transcurrido dicho plazo aquélla no ha sido solicitada, pudiendo solicitar el petitionerario, por razones justificadas, prórrogas del plazo sustantivo establecido.

La presente autorización, se entiende otorgada sin perjuicio de terceros y dejando a salvo los derechos particulares, e independientemente de las autorizaciones, licencias o permisos que pudieran corresponder a otros Organismos Administrativos o Entidades.

La Administración dejará sin efecto la presente resolución en cualquier momento que observe el incumplimiento de las condiciones impuestas en ella.

ANEJO AG-01. FICHA TÉCNICA

CENTRAL HIDROLÉCTRICA IRUEÑA. FICHA TÉCNICA		
TUBERÍA FORZADA		
Longitud tubería forzada	196,02	m
DN tubería forzada	1700	mm
Longitud tubería grupo 1	25,28	m
DN tubería grupo 1	750	mm
Longitud tubería grupo 2	18,13	m
DN tubería grupo 2	1500	mm
Longitud tubería válvula de descarga	9,25	m
DN tubería válvula de descarga	750	mm
Tipo	Helicosoldada (*)	
Tipo acero	S275JR (**)	
(*) Excepto piezas especiales		
(**) Bifurcación 1 acero S355JR		
CENTRAL HIDROELÉCTRICA		
EDIFICIO PRINCIPAL		
Largo	28,50	m
Ancho	9,00	m
Alto	9,35	m
Nivel de válvula grupo 1	+706,20	m
Nivel de válvula grupo 2	+704,15	m
Nivel de turbina grupo 1	+707,35	m
Nivel de turbina grupo 2	+705,70	m
Nivel plataforma	+712,50	m
ANEXO SALA DE CONTROL		
Largo	9,90	m
Ancho	2,57	m
Alto	4,45	m
Nivel	+712,50	m
VIAL DE ACCESO		
Longitud	462,20	m
Plataforma	5,00	m
EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS		
VÁLVULAS ESFÉRICAS		
Nº unidades	2,00	ud
Diámetro Grupo 1	0,70	m
Diámetro Grupo 2	1,30	m

CENTRAL HIDROLÉCTRICA IRUEÑA. FICHA TÉCNICA		
Presión	10,00	Bar
<u>TURBINAS</u>		
Nº unidades	2,00	ud
Altitud de la instalación	712,50	m
Caudal total del aprovechamiento	9,50	m ³ /s
Salto bruto	65,95	m
Salto neto máximo Turbina 1	63,81	m
Salto neto mínimo Turbina 1	53,92	m
Salto neto nominal Turbina 1	59,92	m
Caudal nominal Turbina 1	1,75	m ³ /s
Potencia nominal Turbina 1	959	kW
Potencia máxima Turbina 1	1020	kW
Velocidad Turbina 1	1.000	rpm
Sumergencia Turbina 1	+1,50	m
Rendimiento máximo Turbina 1	92,1	%
Salto neto máximo Turbina 2	63,84	m
Salto neto mínimo Turbina 2	53,71	m
Salto neto nominal Turbina 2	59,71	m
Caudal nominal Turbina 2	7,75	m ³ /s
Potencia nominal Turbina 2	4.193	kW
Potencia máxima Turbina 2	4.456	kW
Velocidad Turbina 2	500	rpm
Sumergencia Turbina 2	+0,50	m
Rendimiento máximo Turbina 2	92,8	%
<u>GENERADORES</u>		
Nº Unidades	2,00	ud
Aplicación	Turbina Tipo Francis Horizontal	
Potencia Aparente Generador 1	1.093	KVA
Tensión Generador 1	6 ±10%	KV
Tipo de Excitación Generador 1	Diodos rotativos	
Frecuencia Generador 1	50	Hz
Cosφ Inductivo Generador 1	0,90	
Cosφ Capacitivo Generador 1	0,90	
Velocidad nominal Generador 1	1.000	rpm
Velocidad de embalamiento Generador 1	1.786	rpm
Factor de servicio Generador 1	S1	

CENTRAL HIDROLÉCTRICA IRUEÑA. FICHA TÉCNICA		
Tº Ambiente (ºC) Generador 1	40	ºC
Aislamiento Generador 1	Clase F	
Calentamiento Generador 1	Clase B	
Modo refrigeración Generador 1	IC-01	
Forma constructiva Generador 1	IM-1001	
Potencia Aparente Generador 2	4.769	KVA
Tensión Generador 2	6 ±10%	KV
Tipo de Excitación Generador 2	Diodos rotativos	
Frecuencia Generador 2	50	Hz
Cosφ Inductivo Generador 2	0,90	
Cosφ Capacitivo Generador 2	0,90	
Velocidad nominal Generador 2	500	rpm
Velocidad de embalamiento Generador 2	906	rpm
Factor de servicio Generador 2	S1	
Tº Ambiente (ºC) Generador 2	40	ºC
Aislamiento Generador 2	Clase F	
Calentamiento Generador 2	Clase B	
Modo refrigeración Generador 2	IC-01	
Forma constructiva Generador 2	IM-1001	
<u>TRANSFORMADOR</u>		
Nº Unidades	1	ud
Relación de transformación	45/6 ± 4 x 2,5%	kV
Refrigeración	ONAN	
Clase de servicio	Continuo	
Clase de corriente	Alterna, trifásica	
Frecuencia (Hz)	50	Hz
Potencia Aparente (MVA)	5	MVA
Tipo de Regulación	En vacío	
Grupo de conexión	YNd11	
Impedancia de cortocircuito	7,15%	
<u>SUBESTACIÓN</u>		
Tecnología	HIS	
Número de posiciones	1	
Tipo de posición	Transformador-Línea	
Tensión máxima asignada (kV)	52	kV
Tensión de servicio (kV)	45	kV

CENTRAL HIDROLÉCTRICA IRUEÑA. FICHA TÉCNICA		
Tensión soportada a impulso tipo rayo	250	
Tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial	95	
Intensidad máxima servicio (A)	2000	A
Intensidad de cortocircuito	25	kV
Frecuencia nominal (Hz)	50	Hz
Gas de aislamiento	SF6	
Tipo de Construcción	Compacta	
POTENCIA Y PRODUCCIÓN		
Punto de Acceso y Conexión	STR Fuenteguinaldo 45 kV	
Potencia máxima en Punto de Acceso y Conexión	4.500	kW
Producción media anual	10,42	GWh

ANEJO AC-2. ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

I. MEMORIA

ÍNDICE

1. OBJETO	1
2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA	1
2.1. LITOLOGÍA	1
2.2. ESTRUCTURA DEL MACIZO ROCOSO	2
2.3. HIDROGEOLOGÍA	4
2.4. GEOLOGÍA DE LA CERRADA	4
3. TRABAJOS DE CAMPO REALIZADOS	8
3.1. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA PRESA DE IRUEÑA	8
3.2. VISITA DE INSPECCIÓN REALIZADA.....	9
3.3. TRABAJOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS	30
4. ESTUDIO DE VOLADURAS	47
4.1. INTRODUCCION	47
4.2. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y REQUERIMIENTOS	47
4.3. CONTROL DE VIBRACIONES EN OBRA	53
5. CONCLUSIONES	55

APÉNDICE 1.- ESTACIONES GEOMECÁNICAS

APÉNDICE 2.- ESTUDIOS GEOFÍSICOS

APÉNDICE 3.- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del grado de meteorización de un macizo rocoso (ISRM,1981; UNE-ENV 1997-3)	33
Tabla 2. Grado de meteorización de la matriz rocosa (ISRM, BS 5930:1981).....	33
Tabla 3. Criterios para determinación de resistencia.....	34
Tabla 4. Clasificación de los macizos rocosos por las discontinuidades (ISRM, 1981)....	34
Tabla 5. Espaciado de fracturación.....	35
Tabla 6. Descripción del tamaño de bloque en función del nº de discontinuidades (ISRM, 1981).	36
Tabla 7. Clasificación de macizos rocosos por el tamaño y forma de los bloques.....	36
Tabla 8. Coordenadas de las diversas Estaciones Geomecánicas.	37
Tabla 9. Medias obtenidas de los principales parámetros considerados en las Estaciones Geomecánicas	38
Tabla 10. Criterio de prevención de daños. Valores pico de la velocidad de vibración en función del tipo de estructura.....	48
Tabla 11. Factor de corrección Fr en función de las características de la roca	49
Tabla 12. Factor de corrección Fe en función del tipo de estructura.....	50
Tabla 13. Carga operante máxima para Presa incluida en estructuras Grupo I	52
Tabla 14. Carga operante máxima para Presa incluida en estructuras Grupo II	52
Tabla 15. Carga operante máxima para Presa incluida en estructuras Grupo III	52

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Detalle de la geología en el entorno de la presa, el tramo de la tubería forzada y la central hidroeléctrica.....	5
Imagen 2. Cartografía de la cimentación del bloque nº 6 de la presa de Irueña. INYPSA (2000).	6
Imagen 3. Perfil del bloque nº 6 de la presa de Irueña. INYPSA (2000).....	7
Imagen 4. Familias de discontinuidades descritas en el macizo rocoso	8
Imagen 5. Detalle del mapa geológico de Fuenteguinaldo y la ubicación del área de estudio. ITGE (1990).	9
Imagen 6. Vista satelital del entorno de la presa de Irueña, con la presencia de lineaciones correspondientes a fracturas, Imagen Google Earth del 2019.	10
Imagen 7. Vista satelital de detalle del cuenco de amortiguación, con la presencia de afloramientos rocosos aguas abajo de la presa de Irueña, zona de las futuras actuaciones, “limpiados” por los chorros de los desagües de fondo, coloraciones más rojizas. Imagen Google Earth del 2019.....	10
Imagen 8. Alternancia de areniscas dcm y lutitas laminadas cm en los afloramientos de la carretera de coronación de la presa. Techo a la izquierda, serie invertida.	11
Imagen 9. Detalle de la laminación cruzada presente en las areniscas, que gradan progresivamente a limolitas y lutitas superiores, con laminación paralela, facies flysh. Techo a la izquierda, serie invertida. Afloramiento en la carretera de coronación de la presa.....	12
Imagen 10. Zona de alteración irregular, eluvial/coluvial, que recubre el sustrato rocoso. Carretera. de coronación de la Presa.	12
Imagen 11. Carreteras de acceso a las diferentes galerías y cuenco de amortiguación. Margen derecha con afloramientos rocosos continuos en el trazado de la Tubería Forzada y, al fondo, donde se emplazará la Casa de Máquinas.	13
Imagen 12. Trazado de la Tubería Forzada y Emplazamiento de la Casa de Máquinas. .	13
Imagen 13. Perfil longitudinal de la Tubería Forzada, color amarillo.	14
Imagen 14. Sección transversal con la excavación máxima a realizar entorno al PK 0+165.	14
Imagen 15. Margen derecha del cuenco de amortiguación por donde discurrirá el trazado de la Tubería Forzada y vía de servicio.....	15

Imagen 16. Detalle del tramo inicial del trazado de la Tubería Forzada, sobre roca de Tipo II en una serie monoclinal invertida, buzamiento a la izquierda y techo a la derecha...15	15
Imagen 17. Aspecto de la roca, en el tramo inicial de la Tubería, lavada por el desagüe de fondo. Tipo II de aspecto masivo al tratarse de un nivel desorganizado-replegado (<i>slump</i>).	16
Imagen 18. Detalle de los pliegues de <i>slump</i> en el nivel desorganizado inicial.....	16
Imagen 19. Detalle de las capas de arenisca invertidas y gradadas, techo a la derecha, afectadas por la esquistosidad que se refracta. Arriba talud de la carretera y más abajo perfil de alteración rocoso inexistente.....	17
Imagen 20. Alteración superficial de las litologías más finas, que en profundidad tienen poco desarrollo.	18
Imagen 21. Ejemplo del cierre de las diversas discontinuidades en profundidad. Serie invertida, techo a la derecha.....	18
Imagen 22. Tramo final del trazado de la Tubería Forzada con afloramientos rocosos a modo de crestas y agujas fruto de la erosión diferencial superficial.....	19
Imagen 23. Detalle de la entrada de la Tubería Forzada a las turbinas de la Casa de Máquinas, con una excavación de unos 7 m en roca del Tipo II. Cota excavación en color violeta.....	19
Imagen 24. Vista del giro de entrada de la Tubería Forzada a las turbinas de Casa de Máquinas, en roca Tipo II-III, en la zona de la contraataguía del colchón de amortiguación.	20
Imagen 25. Emplazamiento de la Casa de Máquinas, SET y camino de acceso.....	20
Imagen 26. Afloramiento rocoso, roca Tipo II, en el emplazamiento de la Casa de Máquinas.....	21
Imagen 27. Detalle del afloramiento rocoso en la zona de la Casa de Máquinas, techo a la izquierda serie invertida.	21
Imagen 28. Detalle del cabeceo del eje anticlinal invertido en la margen izquierda del río.	22
Imagen 29. Vista del emplazamiento de la Casa de Máquinas y de la Subestación eléctrica, al fondo camino de acceso. La zona con más arbolado podría corresponder a zona de fractura con alteración superficial.....	22
Imagen 30. Trazado de la línea de evacuación de la CH Irueña (azul) a subestación Fuenteguinaldo.	23
Imagen 31. Afloramiento rocoso superficial en la carretera a la galería de la margen izquierda.....	24
Imagen 32. Detalle de un afloramiento rocoso superficial, talud de la carretera a la galería margen izquierdo, con su perfil de alteración poco desarrollado.	24

Imagen 33. Vista de la margen izquierda del río Águeda, por donde discurre el trazado de la Línea de Evacuación hasta situarse paralelo a la línea existente, torres 3 a 5.....	25
Imagen 34. Bloques vertidos de la excavación de la carretera a media ladera en el trazado de las torres 3 a 5.....	25
Imagen 35. Cimentación de la torre de la línea existente a la altura de la torre nº 6. ...	26
Imagen 36. Cimentación de la torre de la línea existente a la altura de la torre nº 7. ...	26
Imagen 37. Emplazamiento de la torre nº 8.	27
Imagen 38. Perfil de alteración de la roca en la torre nº 9, al fondo torre de la línea existente.....	27
Imagen 39. Perfil de alteración de la roca en la torre nº 10, al fondo torres de la línea existente.....	28
Imagen 40. Emplazamiento de la torre nº 11, en suelos de 1 m para encontrar roca Tipo III.....	28
Imagen 41. Trazado de la nueva línea paralelo a la ya existente, torres 12 a 14.....	28
Imagen 42. Emplazamiento de la torre nº 15, sobre suelos de un espesor de 1.5 m. ...	29
Imagen 43. Torre existente de la LAAT a S.E. interconexión (45 kV).....	29
Imagen 44. Cimentación de los apoyos de la torre anterior.....	29
Imagen 45. Subestación Eléctrica Fuenteguinaldo.	30
Imagen 46. Cartografía de detalle de los materiales eluviales/coluviales y zonas hormigonadas de la margen derecha del río Águeda (color marrón), aguas abajo de la presa de Irueña. Localización de las Estaciones Geomecánicas realizadas y buzamientos de la So (serie invertida).....	31
Imagen 47. Perfil de excavación de la Tubería Forzada, en roca Tipo II. Eluvial y vertidos en marrón.....	31
Imagen 48. Ejemplo de ficha de realización de una estación geotécnica con los datos obtenidos.	37
Imagen 49. Gráfico GSI de aplicación para rocas tipo flysch.....	39
Imagen 50. Modos de vibración elástica y propagación de ondas P y ondas S. Dentith & Mudge (2014).....	41
Imagen 51. Excavabilidad para una máquina D11R de Caterpillar, Roca presente en Irueña en rojo	42
Imagen 52. Frentes de ondas directas y refractadas críticas y trayectorias de los rayos utilizados en sismica de refracción y tomografía sísmica	43
Imagen 53. Localización de los perfiles de tomografía sísmica para el estudio del emplazamiento de la Casa de Máquinas y la Subestación eléctrica.....	44

Imagen 54. Interpretación del Perfil PS-1, con la posible presencia de una pequeña fractura en la margen derecha y de un nivel de alteración, de fondo plano, con rellenos variables de materiales tipo suelo.45

Imagen 55. Interpretación del Perfil PS-2, con una posible fractura y la existencia de un paleocauce, proveniente del drenaje de la ladera sur, que ha alterado algo la roca en profundidad.....45

Imagen 56. Zona de acumulación de suelos en la Zona de la Casa de Máquinas y tomografías realizadas46

Imagen 57. Tabla carga/distancia general. Selección tipo de estudio50

Imagen 58. Aspecto de la roca en un talud subvertical en la carretera de acceso a la galería de la margen izquierda de la presa, con las cañas bien marcadas de la voladura realizada56

1. OBJETO

El objeto de este documento es el estudio geológico y geotécnico del emplazamiento de las obras que conforman el proyecto de la Central Hidroeléctrica de Irueña ubicada aguas debajo de la presa del mismo nombre.

2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Se sintetizan a continuación las condiciones geológico – geotécnicas de la cimentación de la Presa de Irueña obtenida de los estudios precedentes a modo de introducción general.

2.1. LITOLOGÍA

El emplazamiento de la presa se corresponde con un profundo cañón labrado en formaciones preordovícicas del complejo Esquisto-Gravváquico esencialmente de rocas arenosas y lutíticas. Estratigráficamente la serie regional es en términos generales, bastante monótona y corresponde según los datos consultados con una sucesión de más de 2000 metros de materiales constituidos por pizarras arenosas, areniscas, cuarcitas y microconglomerados. En el propio emplazamiento de la presa aparecen esencialmente pizarras arenosas y areniscas con ocasionales términos cuarcíticos y conglomeráticos.

Desde los términos más recientes hasta los más antiguos, la serie litológica se establece de la siguiente manera.

2.1.1. CUATERNARIO

Formaciones coluviales:

Se localizan en el pie de los acantilados, corresponden a fragmentos y bloques de areniscas y pizarras desprendidos de los afloramientos y embalados en una matriz arcillo-arenosa o terrosa. La potencia de estos depósitos varía entre 1 y 5 metros, estas últimas localizándose en las partes inferiores de las pendientes de ambas márgenes.

Formaciones aluviales:

En términos generales corresponden a materiales gruesos y finos con términos arenosos y limosos, de escaso desarrollo en la zona de la cerrada, así como en el conjunto del cauce del río Águeda. Al nivel del río se pueden observar pequeñas playas de gravas y arenas relativamente escasas con potencia menor de un metro. Se resalta al nivel del emplazamiento, la profunda erosión del macizo rocoso, observándose numerosas marmitas, dando lugar a una profundización del cauce, pero, sin embargo, con escasos acarreos.

2.1.2. PREORDOVÍCICO

La serie arenisco lutítica del Complejo Esquisto-Grauváquico corresponde desde el punto de vista estratigráfico al Preordovícico, definiéndose los siguientes niveles:

Nivel A:

Pizarras arenosas bandeadas, pizarras grises con niveles microconglomeráticos con bandeo marcado de niveles arenosos de color claro. Aparecen representados en ambos márgenes aguas abajo del eje de presa. Presentan en superficie una coloración amarillento-rojiza.

Nivel B:

Tramo arenoso-conglomerático en el que predominan las areniscas cuarcíticas de color más claro con intercalaciones de pizarras arenosas bandeadas y niveles microconglomerático. Se trata de un potente paquete que ocupa el emplazamiento de la presa. Están más descomprimidas en superficie resaltándose la presencia de esquistosidades y fracturas de cizalla.

Nivel C:

Tramo de pizarras arenosas grises bandeadas, con areniscas cuarcíticas de tonalidad blanquecina o amarillenta y niveles cuarcíticos grises microconglomeráticos de clastos negros. Este tramo aflora en ambos márgenes aguas arriba de la cerrada ampliándose hacia la intersección de los ríos Águeda y Mayas, constituyendo los acantilados que aparecen entre el eje de presa y el puente sobre el río Águeda.

Los tramos A y C han sido reconocidos con afloramientos, mientras el nivel B ha sido definido por la campaña de sondeos mecánicos.

2.2. ESTRUCTURA DEL MACIZO ROCOSO

El macizo rocoso presenta, al nivel de la cerrada y en sus inmediaciones, unas fases de deformación en los materiales rocosos que originaron la verticalización de los estratos y el desarrollo de un plegamiento de gran longitud de onda con dirección NS a NW-SW que definen la esquistosidad S1 que constituye el rasgo estructural más generalizado del emplazamiento.

En esta área se reconocen otras estructuras de deformación superpuestas a la identificada anteriormente y que se manifiestan esencialmente por pliegues menores asociados a una esquistosidad subparalela a S1 y que deforma este plano.

Paralelamente a estos planos se asocian unos planos de cizalla dúctil que actúan como fallas normales que se orientan según la dirección y buzamiento de la esquistosidad. De acuerdo con la documentación consultada estas estructuras corresponderían con una segunda fase de deformación. Se observa también, otra estructura de deformación, que tiene un desarrollo algo enmascarado, en el área de la presa, pero, es mucho más notable que la fase anterior en cuanto al desarrollo de los planos de esquistosidad que denominamos S2. Esta esquistosidad tiene una dirección NW-SE con buzamientos suaves en ambas direcciones, produciendo un pliegue de gran longitud de onda y plano axial subvertical cuyo eje se sitúa aguas arriba del emplazamiento pasando por la vaguada del Molino en margen derecha y la parte Oeste de la vaguada de margen izquierda.

La orientación del plano de esquistosidad S1 varía desde N20W a N15E con buzamientos hacia el Oeste con valores altos, desde 68º hasta la vertical, aumentando progresivamente desde aguas arriba hacia aguas abajo.

En las rocas del nivel C constituido principalmente por pizarras arenosas y areniscas cuarcíticas es donde mejor se puede apreciar la presencia del plano de esquistosidad S2. Está remarcado por superficies de dirección NW-SE con buzamientos hacia el SW con valores medios comprendidos entre 10º y 20º alcanzando localmente hacia aguas arriba valores mayores del orden de los 30º a 40º.

Este plano de deformación también se aprecia en los estratos del nivel B. En las proximidades del Molino y al nivel del cauce, este plano es subhorizontal aumentando su buzamiento a medida que se eleva en ambas laderas hasta alcanzar valores del orden de los 20º hacia aguas arriba o aguas abajo según la posición en relación con el eje de la antifirma situada en el Molino.

Las esquistosidades están marcadas en superficie, en particular en las zonas que presentan una descompresión del macizo rocoso en proximidad a los acantilados. A veces abiertas, pueden presentar rellenos areno-arcillosos ferruginosos. Sus orientaciones son relativamente homogéneas con leves variaciones locales relacionadas con la influencia tectónica.

El macizo rocoso presenta una marcada fracturación. En particular se subraya el carácter fallado de la margen derecha. Esta fractura F1 viene marcada por una importante zona de brechas y milonitas que han sido identificadas en los sondeos mecánicos S-6 y S-8.

Esta falla con importante zona de cizalla de dirección N60 a N70E y de desplazamiento relativo sinistral con inclinación hacia NW con buzamiento variable comprendido entre 75º y 90º, puede atravesar el estribo derecho en una posición intermedia en los sondeos S-3 y S-2. Dicho accidente ha sido definido por el sondeo S-6 (vertical) y el sondeo S-8 (inclinado y en dirección N30W). Independientemente de esta falla se pueden observar numerosas fracturas

de dirección paralela N60 a N70E con buzamiento subvertical (de entre 70º y 90º hacia el NW o el SW) con separación decamétrica que afectan particularmente a la margen izquierda. Estas fracturas suelen presentar un relleno en superficie en la zona descomprimida mientras en profundidad estas discontinuidades se aprecian escasamente en el macizo rocoso masivo y sano, manifestándose por un sellado milimétrico de minerales piritosos. La red de fracturación viene complementada por fracturas de orientación N10 a N30E y otras de dirección E-W y buzamiento Sur con valores altos de 60º a 90º. Estas últimas marcan la dirección de los acantilados de ambas márgenes en el emplazamiento de la presa.

2.3. HIDROGEOLOGÍA

El macizo rocoso se caracteriza por una escasa permeabilidad de conjunto, aunque se haya detectado una mayor permeabilidad debido a la fuerte fracturación y descompresión de los niveles superiores y una intensa permeabilidad en las proximidades de la falla F1 en la margen derecha.

Por otra parte, la propia naturaleza del macizo rocoso favorece su comportamiento elástico que da lugar al cierre del sistema de fracturación cuando se reduce el nivel de presión hidrostática mantenida durante las pruebas de permeabilidad.

2.4. GEOLOGÍA DE LA CERRADA

En el Proyecto Básico redactado por INCISA (2017), se indica que la litología de la cimentación consiste en una serie de grauvacas y cuarcitas bien estratificadas en bancos métricos a decimétricos con un buzamiento generalizado de 50º a 80º hacia el E y SE. Las grauvacas y cuarcitas son de grano grueso a medio, en menor proporción de grano fino, y pueden presentar algunas intercalaciones, generalmente de espesor centimétrico, de limolitas arenosas, todo ello bien cementado y consolidado. La litología es la misma en ambas márgenes y, por tanto, desde este punto de vista el macizo rocoso presenta una homogeneidad litológica elevada.

En la imagen siguiente se muestra una planta geológica del emplazamiento en el que se prevé transite la conducción forzada por la margen derecha, así como el futuro emplazamiento previsto para la casa de máquinas. En términos generales puede observarse que la margen derecha está ocupada por la unidad Preordovícica de grauvacas, cuarcitas y areniscas, con una cobertura de suelos residuales pequeña, excepto en la zona próxima a la futura central, donde la potencia de los suelos residuales puede llegar a ser apreciable (se estima un máximo de potencia de hasta cinco metros).

Por otro lado, cabe destacar que en la margen derecha se ha detectado un canchal, es decir, una cobertura de derrubios de ladera, que se ha depositado en la parte baja cercana al cauce, pero sobre la ladera. Estos derrubios pueden tener su importancia a la hora de

proyectar las excavaciones que requerirá la conducción forzada en dicha margen, teniéndose que prestar atención a la potencial desestabilización de los derrubios del canchal durante las operaciones de desmontaje.

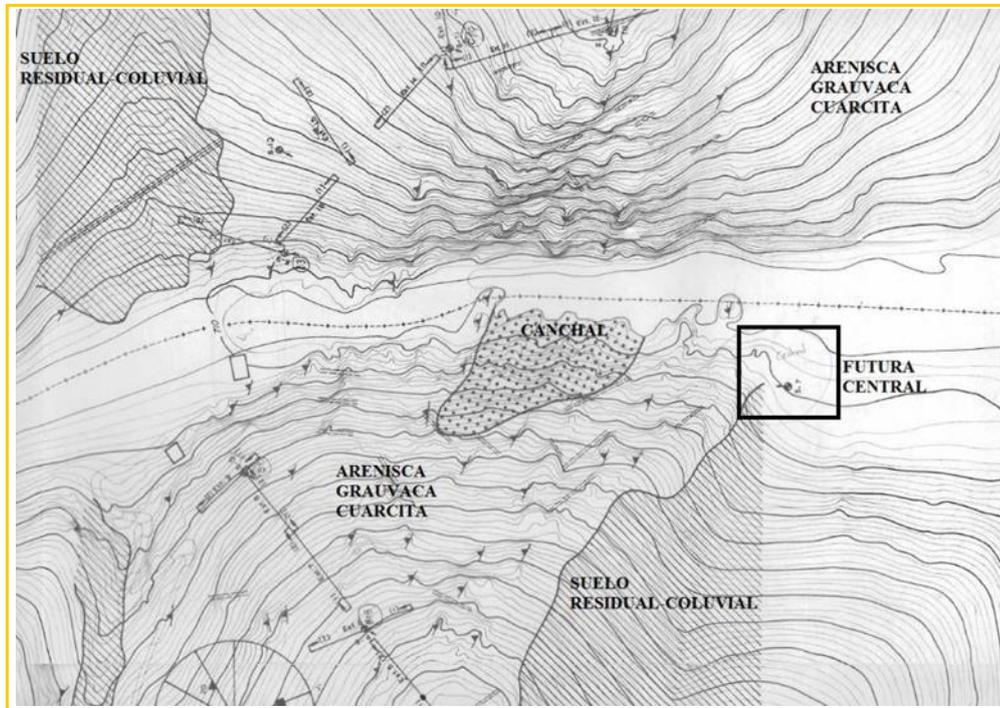


Imagen 1. Detalle de la geología en el entorno de la presa, el tramo de la tubería forzada y la central hidroeléctrica.

La estructura del macizo rocoso está caracterizada por dos planos principales:

1. La estratificación S_0 que se ha descrito anteriormente y que tiene un buzamiento generalizado de 50° a 80° hacia el E y SE.

2. La esquistosidad S_1 que afecta a todo el conjunto de la serie descrita con una dirección subparalela a la S_0 y un buzamiento de 70° a 80° hacia el W. La esquistosidad es, en términos generales, muy penetrativa, pero al detalle de la obra presenta una incidencia variable, que suele estar controlada por la mayor o menor competencia de los materiales a los que afecta. De esta forma, la esquistosidad es más patente en los materiales de tamaño de grano más fino mientras que en las cuarcitas o grauvacas de grano grueso es poco perceptible.

En la margen izquierda, la S_0 y la S_1 tienen direcciones aproximadamente subparalelas aunque siempre es posible ver sus buzamientos contrapuestos al E y W, respectivamente. En la parte alta de la cimentación se han medido los siguientes valores de dirección y buzamiento:

- S_0 : N000/88W; N006/78E; N018/60E
- S_1 : N000/88W; N025/82W; N020/82W

Sin embargo, en la margen derecha, mientras que la S1 mantiene la misma actitud (por ejemplo N004/78W) la So cambia hacia direcciones N32/75SE; N44/80SE y N50/60SE apuntando la posibilidad de un cierre antiformal. Aunque habría que comprobarlo con más detalle, este cierre se puede ver junto al muro de sujeción de la grúa, al nivel del agua que actualmente ocupa el cauce del río, donde la So llega a buzarse al W con un valor de dirección N146 y buzamiento 78W.

Indican que la disposición de la So con buzamiento hacia el E se da desde el eje del cuerpo de presa hacia aguas abajo, lo que actúa a favor de la estanqueidad de la presa. A modo de ejemplo, ver la cartografía y perfil del bloque de cimentación nº 6.

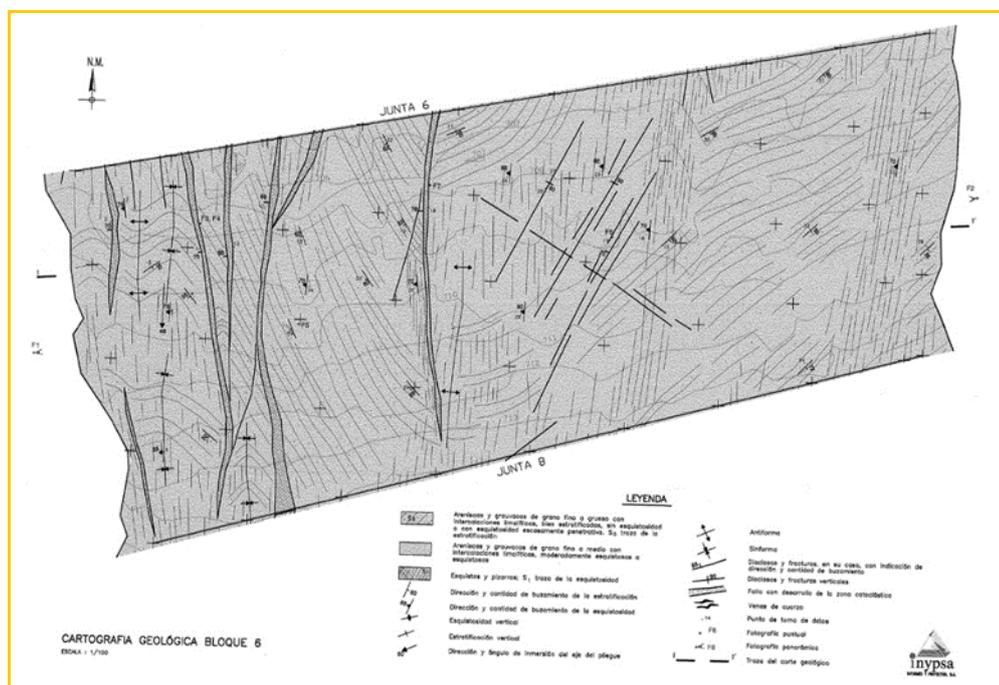


Imagen 2. Cartografía de la cimentación del bloque nº 6 de la presa de Irueña. INYPSA (2000).

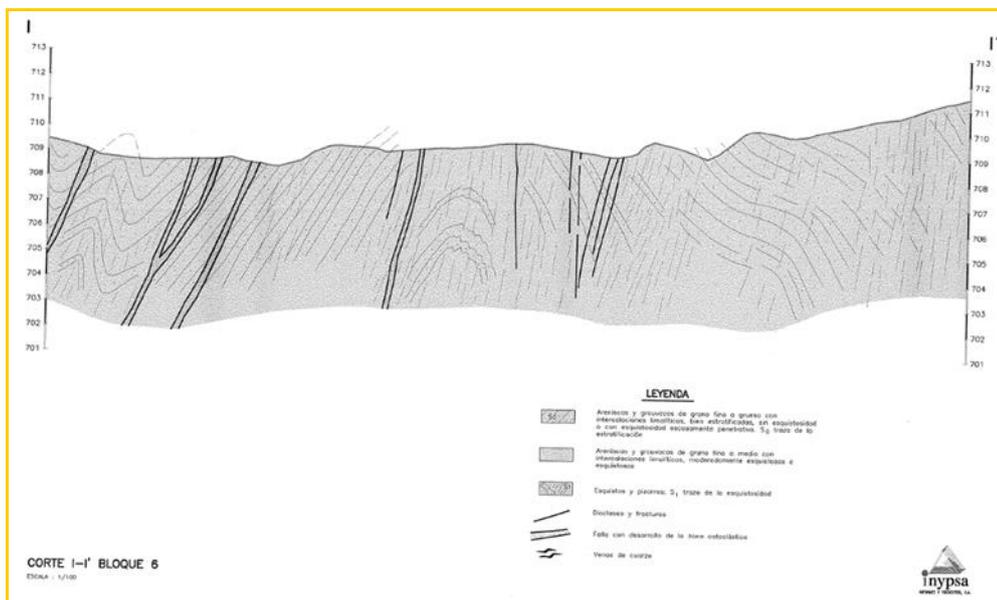


Imagen 3. Perfil del bloque nº 6 de la presa de Irueña. INYPSA (2000).

En cuanto a las discontinuidades del macizo rocoso, a parte de los dos planos principales ya descritos estratificación So y esquistosidad S1, otras discontinuidades presentes corresponden a diferentes familias de diaclasas que parecen agruparse en 4 familias: El espaciado de estas diaclasas suele ser métrico y en menor medida decimétrico. En superficie aparecen abiertas, aunque es de esperar su cierre a escasos metros de profundidad.

- D1: Dirección N90 y buzamiento 70-80N
- D2: Dirección N90 y buzamiento 20-40N
- D3: Dirección N150 y buzamiento 10W
- D4: Dirección N70 y buzamiento 70S

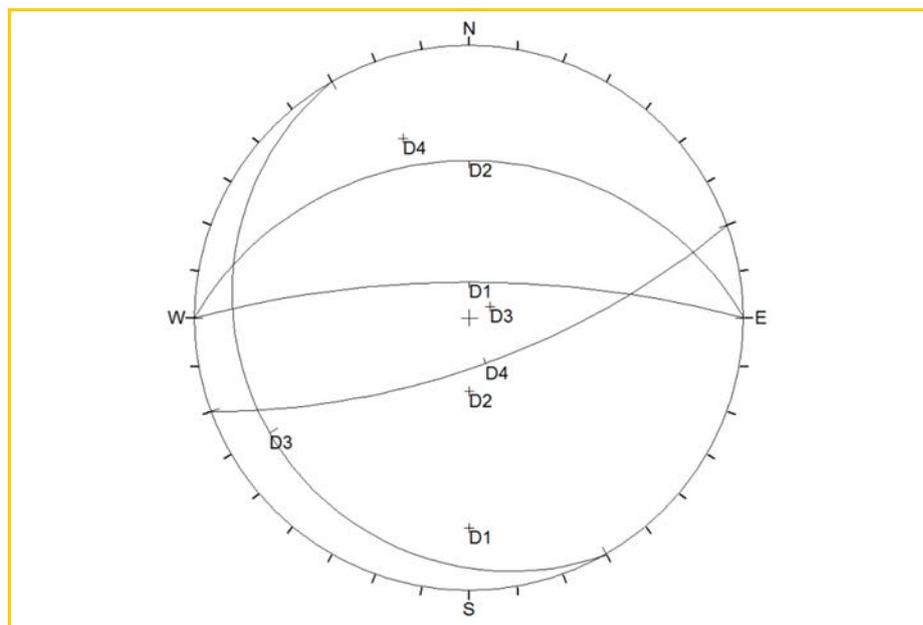


Imagen 4. Familias de discontinuidades descritas en el macizo rocoso

3. TRABAJOS DE CAMPO REALIZADOS

Se han realizado las siguientes actividades relacionadas con la Redacción del Proyecto Constructivo CH Irueña:

- Visita de reconocimiento y confirmación de condiciones geológicas-geotécnicas
 - o Cartografía de detalle
 - Trazado de la Tubería Forzada
 - Emplazamiento de la Casa de Máquinas y Subestación Eléctrica
- Caracterización del macizo rocoso presente en los diferentes elementos considerados (Trazado Tubería Forzada, Casa de Máquinas, Subestación Eléctrica Irueña, Apoyos de las torres en la nueva Línea de Evacuación) mediante:
 - o 9 Estaciones Geomecánicas (EG)
 - o 2 Líneas de Tomografía de Resistividad Eléctrica

3.1. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA PRESA DE IRUEÑA

Regionalmente, la presa de Irueña se sitúa sobre materiales rocosos pertenecientes al Complejo Esquisto Grauváquico (CEG) (unidad nº 7) de edad precámbrico superior, como se constata en la imagen siguiente del Mapa Geológico de España 1:50.000 de Fuenteguinaldo (550/10-22).

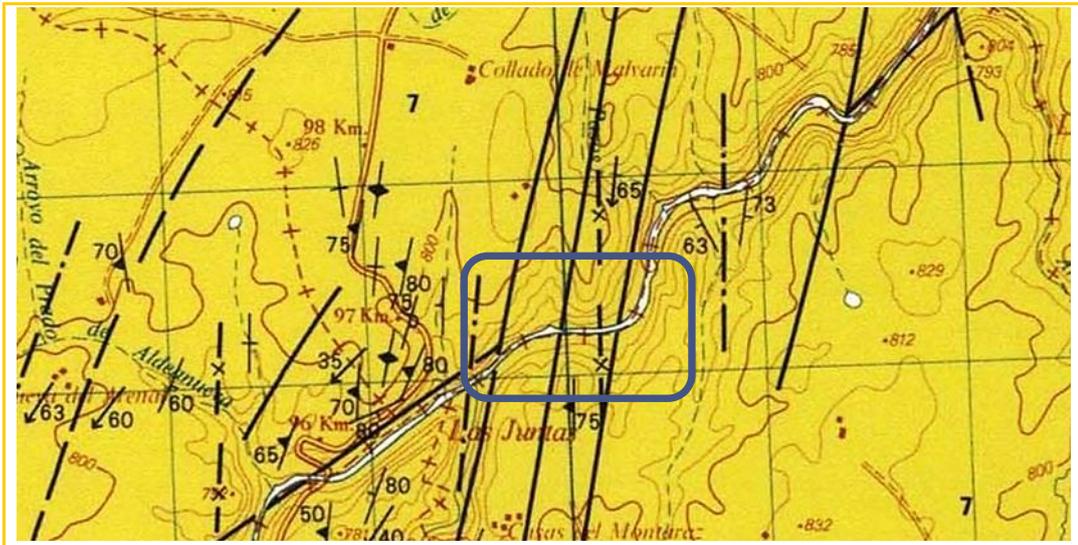


Imagen 5. Detalle del mapa geológico de Fuenteguinaldo y la ubicación del área de estudio. ITGE (1990).

Litológicamente, el CEG presenta una alternancia de areniscas y pelitas en proporciones variables, y esporádicos niveles de conglomerados y facies “eslumpizadas”, plegadas y con buzamientos subverticales. Facies tipo flysh.

Como puede apreciarse en las imágenes satelitales siguientes, el área que bordea la presa presenta, en su mayoría, afloramientos rocosos recubiertos por escasos materiales meteorizados y fracturados con estructura de suelo. En ella puede verse claramente lineaciones que corresponden a fracturas regionales que cruzan de NNE a SSW la imagen y el área de la presa, coincidentes con las representadas en el Mapa Geológico precedente.

3.2. VISITA DE INSPECCIÓN REALIZADA

Para la correcta definición de la campaña geotécnica a realizar para el Proyecto Constructivo de la Central de Irueña, se ha efectuado una visita de campo los días 10 y 11 de agosto de 2022 donde se ha procedido a la confirmación de las condiciones geológicas presentes en el área de presa y a un recorrido por el trazado de la Tubería Forzada, emplazamiento de la Casa de Máquinas y Subestación Eléctrica, así como el trazado de la Línea de Evacuación hasta la S.E. Fuenteguinaldo.



Imagen 6. Vista satelital del entorno de la presa de Irueña, con la presencia de lineaciones correspondientes a fracturas, Imagen Google Earth del 2019.

El cuerpo de presa, de planta curva, discurre sobre afloramientos de roca tipo II del CEG, como puede apreciarse en la carretera de coronación de la presa y aguas abajo de la presa, donde la acción de los desagües de fondo han “limpiado” dichos afloramientos, ofreciendo una coloración más rojiza.



Imagen 7. Vista satelital de detalle del cuenco de amortiguación, con la presencia de afloramientos rocosos aguas abajo de la presa de Irueña, zona de las futuras actuaciones, “limpiados” por los chorros de los desagües de fondo, coloraciones más rojizas. Imagen Google Earth del 2019.

Se ha constatado lo siguiente:

- En los afloramientos de la carretera de coronación de la presa, ver imágenes siguientes, puede apreciarse claramente la estratificación (So) y la alternancia entre las diferentes litologías, y sus laminaciones, en una serie invertida. La dureza de la roca varía en función de su litología, siendo más resistentes las areniscas y más alterables y frágiles las intercalaciones lutíticas, donde se manifiesta una esquistosidad más desarrollada y refractada. También aparecen otras discontinuidades (J1 a J4).

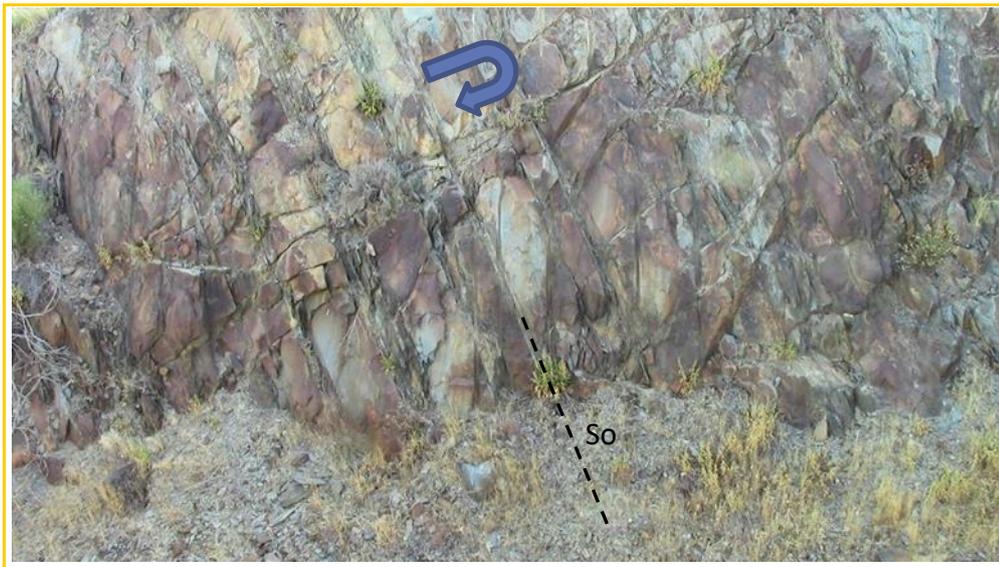


Imagen 8. Alternancia de areniscas dcm y lutitas laminadas cm en los afloramientos de la carretera de coronación de la presa. Techo a la izquierda, serie invertida.

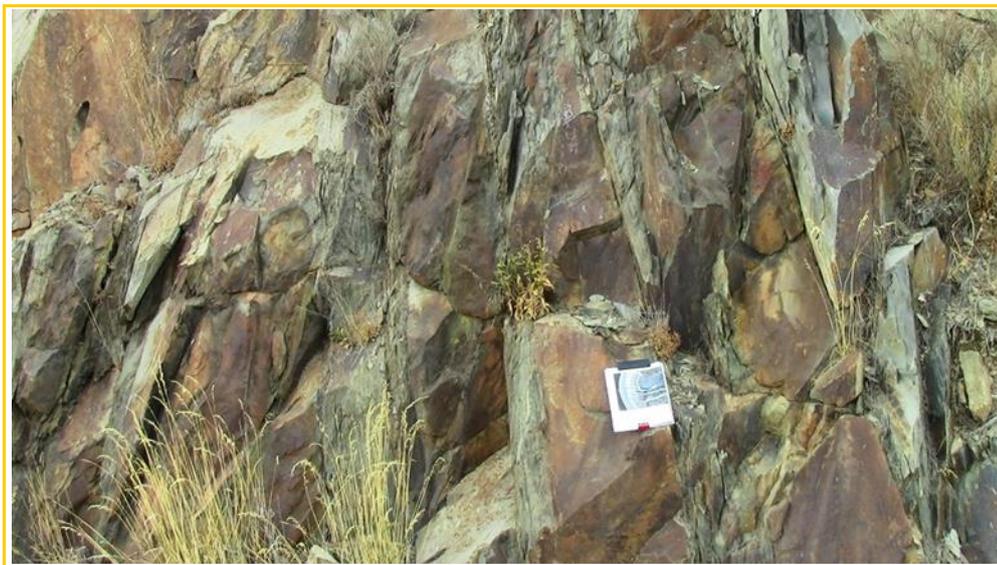


Imagen 9. Detalle de la laminación cruzada presente en las areniscas, que gradan progresivamente a limolitas y lutitas superiores, con laminación paralela, facies flysh. Techo a la izquierda, serie invertida. Afloramiento en la carretera de coronación de la presa.

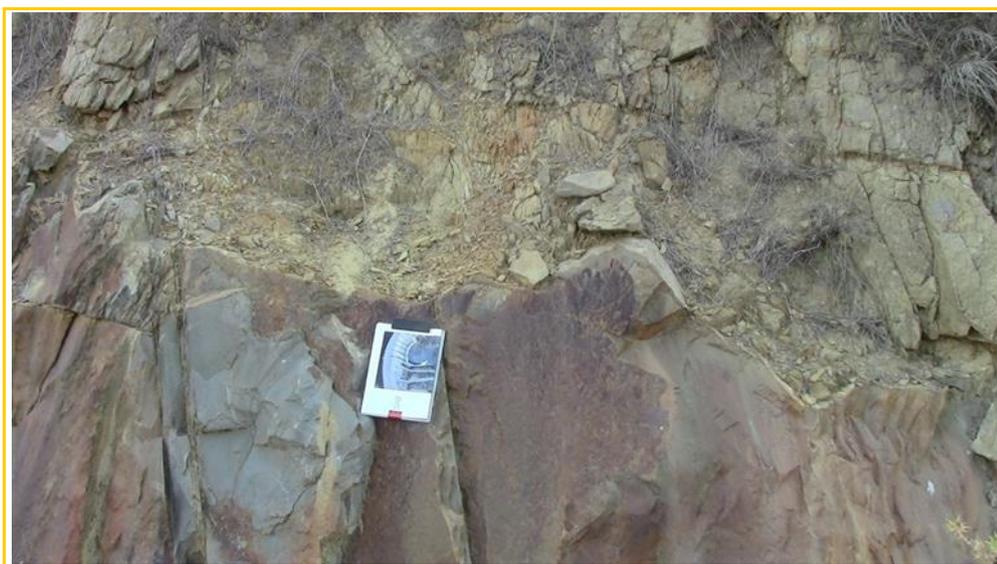


Imagen 10. Zona de alteración irregular, eluvial/coluvial, que recubre el sustrato rocoso. Carretera. de coronación de la Presa.

- La margen derecha del río Águeda, aguas abajo de la presa, presenta sendos afloramientos de roca estratificada de Tipo II en facies flysh.
- En el resto de emplazamientos y recorridos, el espesor de los materiales eluviales/coluviales que recubren el sustrato rocoso es muy escaso a prácticamente inexistente.



Imagen 11. Carreteras de acceso a las diferentes galerías y cuenco de amortiguación. Margen derecha con afloramientos rocosos continuos en el trazado de la Tubería Forzada y, al fondo, donde se emplazará la Casa de Máquinas.

En los apartados siguientes se analiza detalladamente cada trazado y emplazamiento.

3.2.1. TRAZADO DE LA TUBERÍA FORZADA

Discurre más o menos horizontal, y paralelo, a la carretera de acceso a la galería inferior unos 180 m, hasta descender hacia la Casa de Máquinas, en la margen derecha del río Águeda.

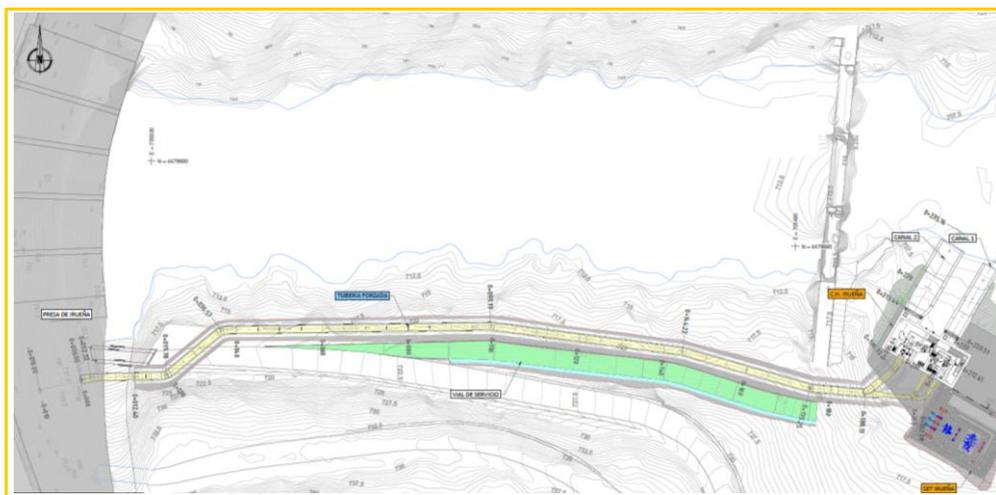


Imagen 12. Trazado de la Tubería Forzada y Emplazamiento de la Casa de Máquinas.

Su perfil longitudinal indica que la excavación máxima a realizar en su trazado se sitúa en torno a los 5-7 m de profundidad, ver imágenes siguientes. Lo observado durante la visita es que la carretera de acceso a la galería inferior discurre sobre roca y que la parte alterada es

prácticamente inexistente, excavada o eliminada durante su construcción. Únicamente en su tramo central, del 0+070 al 0+130, el trazado de la tubería discurre en una zona con más vegetación y vertidos de la carretera que impiden ver los afloramientos rocosos, aunque seguramente no superen el metro de espesor, ver cartografía de detalle.

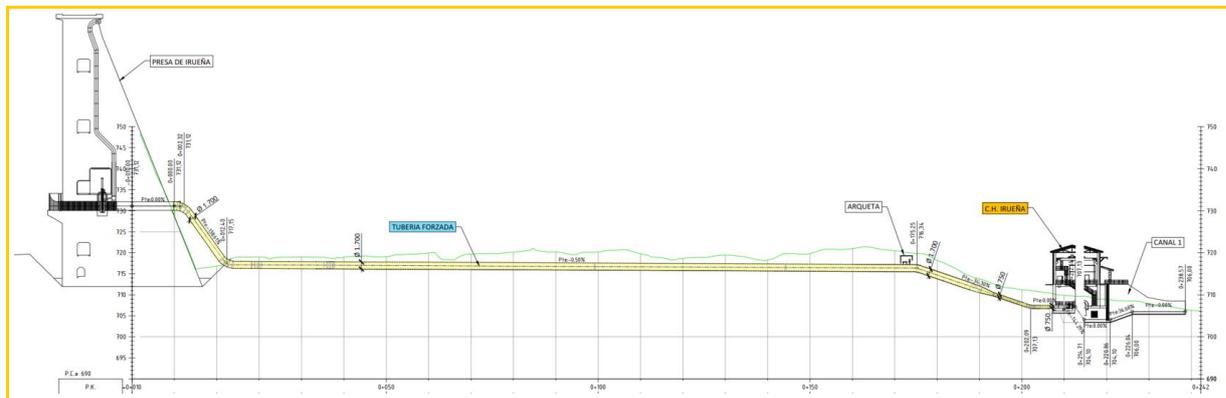


Imagen 13. Perfil longitudinal de la Tubería Forzada, color amarillo.

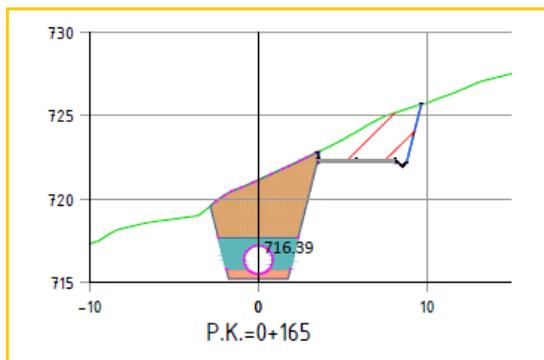


Imagen 14. Sección transversal con la excavación máxima a realizar entorno al PK 0+165.

En las imágenes siguientes, se muestran los afloramientos continuos de roca que aparecen a nivel del río, pero en el tramo intermedio del trazado la vegetación y los vertidos de la carretera los cubren. La excavación no afectaría a la estabilidad de la carretera al situarse ésta sobre roca.

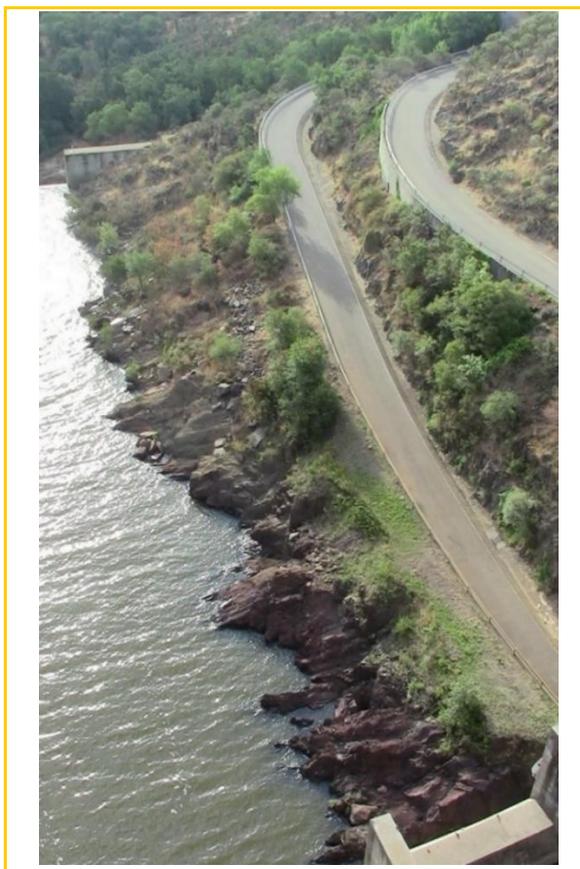


Imagen 15. Margen derecha del cuenco de amortiguación por donde discurrirá el trazado de la Tubería Forzada y vía de servicio

Es de resaltar que los buzamientos hacia el E, hacia aguas abajo, en realidad corresponden a una serie invertida, dado que el techo de las capas se sitúa hacia la derecha de estas imágenes.



Imagen 16. Detalle del tramo inicial del trazado de la Tubería Forzada, sobre roca de Tipo II en una serie monoclinical invertida, buzamiento a la izquierda y techo a la derecha.



Imagen 17. Aspecto de la roca, en el tramo inicial de la Tubería, lavada por el desagüe de fondo. Tipo II de aspecto masivo al tratarse de un nivel desorganizado-replegado (*slump*).



Imagen 18. Detalle de los pliegues de *slump* en el nivel desorganizado inicial.

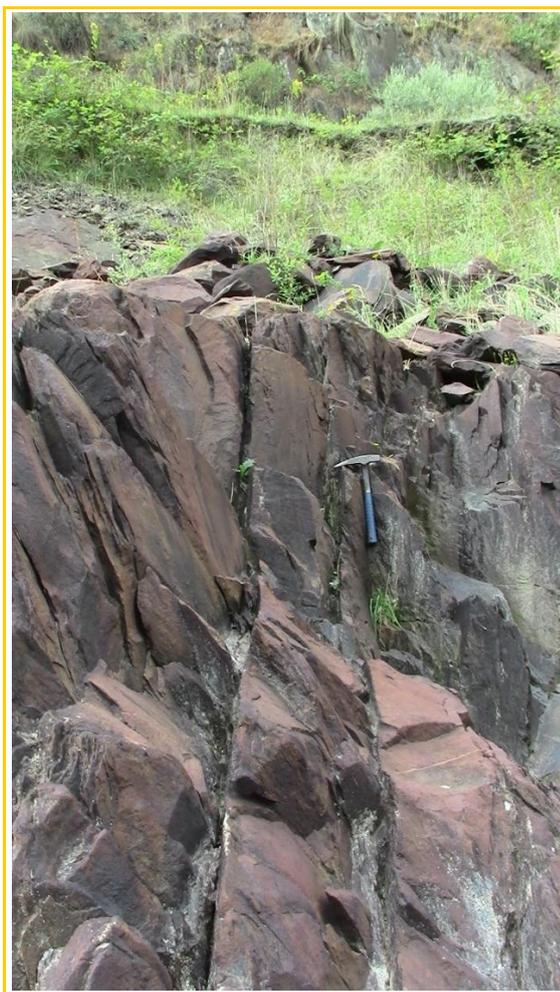


Imagen 19. Detalle de las capas de arenisca invertidas y gradadas, techo a la derecha, afectadas por la esquistosidad que se refracta. Arriba talud de la carretera y más abajo perfil de alteración rocosa inexistente.

Donde la esquistosidad se hace más penetrativa, en las limolitas y lutitas del techo de las capas areniscosas o en los repliegues de las capas desorganizadas (slumps), se hace más evidente su alteración y fragilidad. Sin embargo, estos tramos más alterados (Tipo III-IV) son de escasa potencia, ya que en profundidad se cierran estas discontinuidades y la roca rápidamente pasa a Tipo II.



Imagen 20. Alteración superficial de las litologías más finas, que en profundidad tienen poco desarrollo.

Lo mismo sucede con el resto de las discontinuidades (So, S1, J1 hasta J4 y fracturas) que superficialmente se encuentran abiertas, pero rápidamente en profundidad se cierran y son más difíciles de apreciar.



Imagen 21. Ejemplo del cierre de las diversas discontinuidades en profundidad. Serie invertida, techo a la derecha.

La parte final del trazado se aparta de los afloramientos rocosos continuos presentes en la orilla del río y discurre a medio camino entre éste y la carretera, discurrendo por afloramientos rocosos a modo de crestas y agujas fruto de la alteración superficial y erosión diferencial de los tramos más lutíticos.



Imagen 22. Tramo final del trazado de la Tubería Forzada con afloramientos rocosos a modo de crestas y agujas fruto de la erosión diferencial superficial.

En su descenso a las turbinas de la casa de máquinas, la excavación a efectuar del macizo rocoso pasa a ser de 7 m en roca de Tipo II.

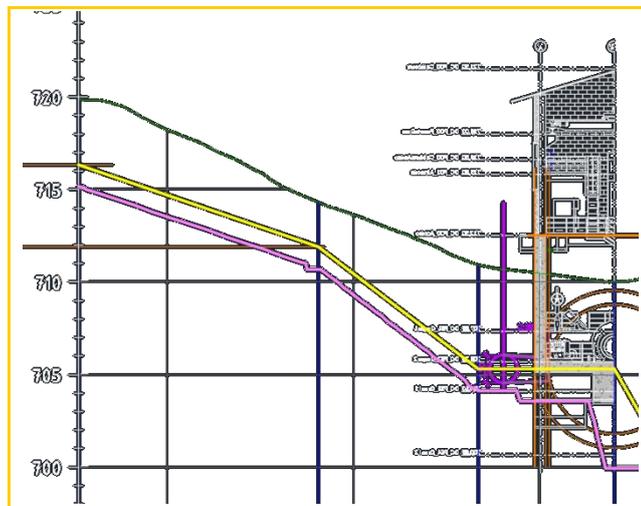


Imagen 23. Detalle de la entrada de la Tubería Forzada a las turbinas de la Casa de Máquinas, con una excavación de unos 7 m en roca del Tipo II. Cota excavación en color violeta.



Imagen 24. Vista del giro de entrada de la Tubería Forzada a las turbinas de Casa de Máquinas, en roca Tipo II-III, en la zona de la contraataguía del colchón de amortiguación.

3.2.2. CASA DE MÁQUINAS

Queda situada justo después de la contraataguía que delimita el colchón de agua de disipación del vertedero de la presa, en la margen derecha del río Águeda.

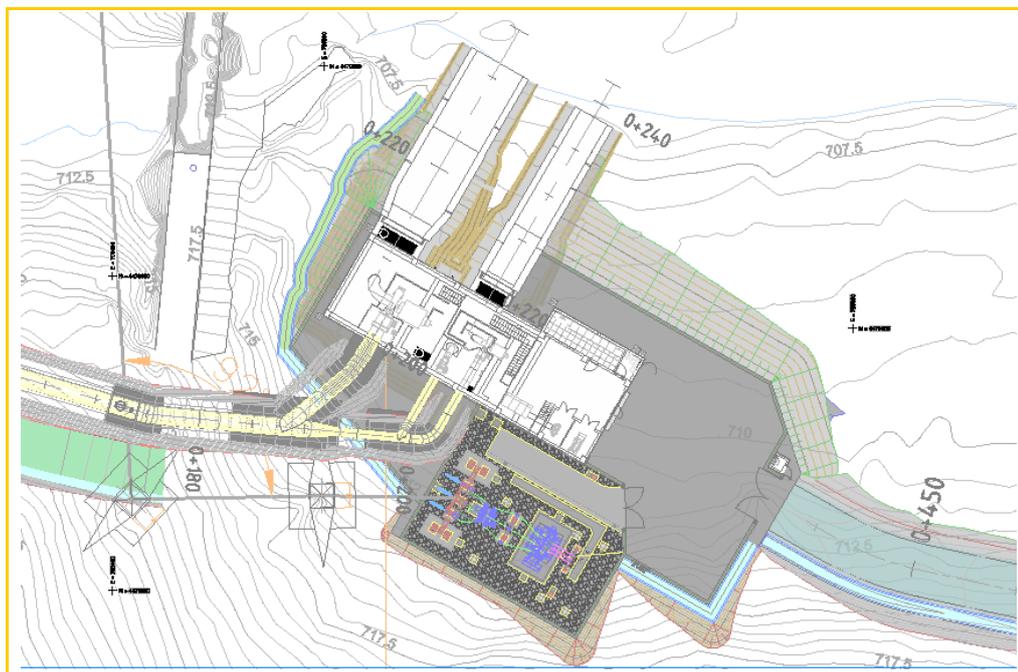


Imagen 25. Emplazamiento de la Casa de Máquinas, SET y camino de acceso.

Su emplazamiento se encuentra parte sobre roca del Tipo II y suelos, por lo que habrá que excavar y volar los últimos metros de profundidad para alcanzar su cimentación a los 10 m. No se prevén filtraciones en la excavación ni que se vaya a requerir sostenimiento. Su camino de acceso no ofrece dificultades y parte de un camino existente, a pavimentar.

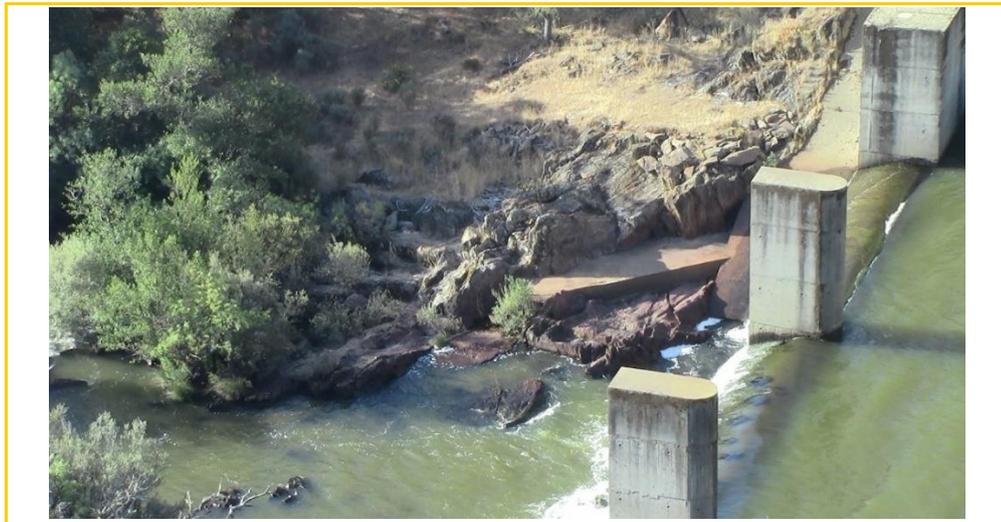


Imagen 26. Afloramiento rocoso, roca Tipo II, en el emplazamiento de la Casa de Máquinas.

Según la cartografía Magna, en esta zona existen varias fracturas y un sinclinal (anticlinal invertido). En los afloramientos visitados no se ha localizado ninguna zona milonítica o de debilidad que pueda representar algún problema a la hora de la cimentación de la casa de Máquinas. Únicamente se ha detectado un eje anticlinal invertido en la margen izquierda del río Águeda, que puede representar un pliegue menor dentro de la serie no representado en la margen derecha.



Imagen 27. Detalle del afloramiento rocoso en la zona de la Casa de Máquinas, techo a la izquierda serie invertida.



Imagen 28. Detalle del cabeceo del eje anticlinal invertido en la margen izquierda del río.

3.2.3. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Situada al lado SW de la Casa de Máquinas, en la margen derecha del río Águeda. Al igual que la Casa de Máquinas, su emplazamiento se sitúa sobre roca, con tramos alterados irregulares y de escaso desarrollo, roca del tipo II-III.

Existen unas alineaciones NNE-SSW y NE-SW que pudieran coincidir con zonas de fractura, zonas con arbolado en la imagen siguiente, que canalizan las aguas de la ladera. Superficialmente, producen una zona de debilidad que se manifiesta por una erosión diferencial, pero en profundidad se encontrarían cerradas y sin alteración. Han sido objeto de investigación geofísica.

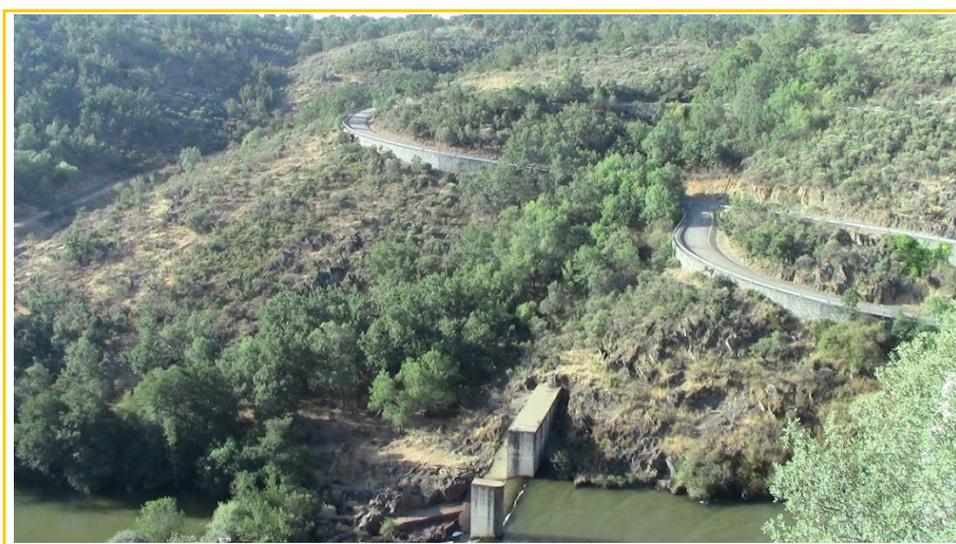


Imagen 29. Vista del emplazamiento de la Casa de Máquinas y de la Subestación eléctrica, al fondo camino de acceso. La zona con más arbolado podría corresponder a zona de fractura con alteración superficial.

3.2.4. LÍNEA ELÉCTRICA DE EVACUACIÓN DE 45 KV

Parte inicialmente de la Casa de Máquinas hacia el SE, torre nº 2, para seguir posteriormente hacia el N y situarse paralela a línea existente LAAT a Sahugo (20kv) hasta la S.E. Fuenteguinaldo.

La mayoría de emplazamientos de las diferentes torres se sitúa sobre roca, con tramos alterados irregulares y de escaso desarrollo, roca del tipo II-III. El trazado de la línea y la posición de las diversas torres pueden verse en la imagen siguiente.

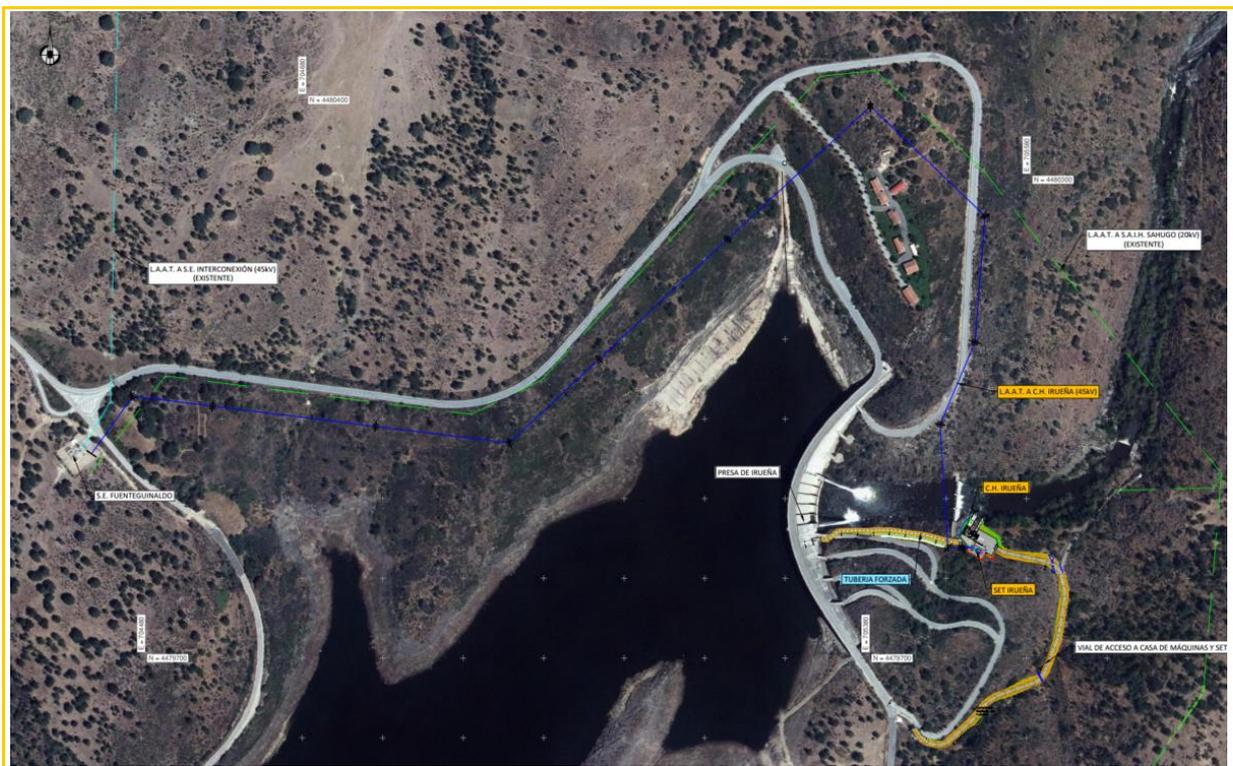


Imagen 30. Trazado de la línea de evacuación de la CH Irueña (azul) a subestación Fuenteguinaldo.

En el trazado de la margen izquierda, torres 3 a 15 hasta la subestación de Fuenteguinaldo, el perfil de alteración superficial rocosa es de muy escaso desarrollo como puede verse en las imágenes adjuntas.



Imagen 31. Afloramiento rocoso superficial en la carretera a la galería de la margen izquierda.



Imagen 32. Detalle de un afloramiento rocoso superficial, talud de la carretera a la galería margen izquierdo, con su perfil de alteración poco desarrollado.

3.2.4.1. APOYOS DE LAS TORRES DE LA LÍNEA DE EVACUACIÓN

Las torres del trazado de la nueva Línea Eléctrica de Evacuación igualmente se sitúan en terreno rocoso con más o menos recubrimiento de materiales alterados/fracturados, por lo que también se ha procedido a caracterizar el apoyo de cada torre.



Imagen 33. Vista de la margen izquierda del río Águeda, por donde discurre el trazado de la Línea de Evacuación hasta situarse paralelo a la línea existente, torres 3 a 5.

Torre nº 2: situada al lado de la Subestación, sobre roca tipo II-III, con un espesor de alteración menor a 1 m.

Torres nº 3 a 5: situadas a media ladera con fuerte desnivel, apoyos directos a diferente cota sobre roca tipo II-III, localmente con vertidos esporádicos de la excavación de la carretera.

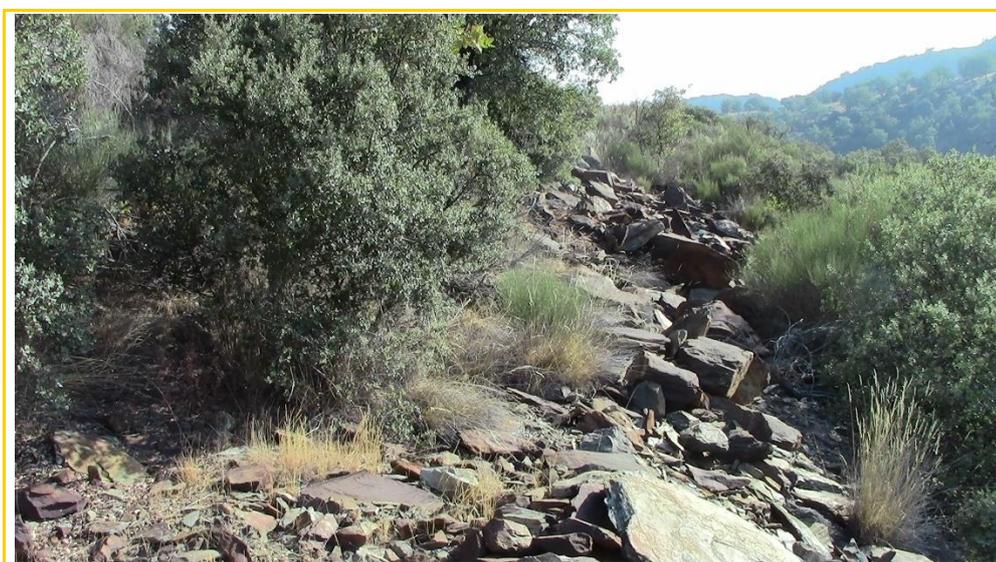


Imagen 34. Bloques vertidos de la excavación de la carretera a media ladera en el trazado de las torres 3 a 5.

Torre nº 6: en la parte alta del montículo, con giro de 90°. Sobre roca Tipo II-III y suelos de escaso desarrollo.



Imagen 35. Cimentación de la torre de la línea existente a la altura de la torre nº 6.

Torre nº 7: situada en las inmediaciones del camino de acceso al embalse. Sobre suelos de escaso desarrollo, excavación de 1 m para encontrar roca tipo III.



Imagen 36. Cimentación de la torre de la línea existente a la altura de la torre nº 7.

Torres nº 8: paralela a la línea existente, suelos de escaso desarrollo, excavación de 0.5 m para encontrar roca tipo II-III.

Torres nº 9 a 11: paralelas a la línea existente, suelos de escaso desarrollo, excavación de 1 m para encontrar roca tipo II-III.

Torre nº 12: giro hacia la Subestación de Fuenteguinaldo, excavación de 1.5 m para encontrar roca tipo II-III.



Imagen 37. Emplazamiento de la torre nº 8.



Imagen 38. Perfil de alteración de la roca en la torre nº 9, al fondo torre de la línea existente.



Imagen 39. Perfil de alteración de la roca en la torre nº 10, al fondo torres de la línea existente.



Imagen 40. Emplazamiento de la torre nº 11, en suelos de 1 m para encontrar roca Tipo III.



Imagen 41. Trazado de la nueva línea paralelo a la ya existente, torres 12 a 14.



Imagen 42. Emplazamiento de la torre nº 15, sobre suelos de un espesor de 1.5 m.



Imagen 43. Torre existente de la LAAT a S.E. interconexión (45 kV).



Imagen 44. Cimentación de los apoyos de la torre anterior.



Imagen 45. Subestación Eléctrica Fuenteguinaldo.

3.3. TRABAJOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS

Se han realizado los siguientes trabajos.

3.3.1. CARTOGRAFÍA DE DETALLE MARGEN DERECHA

Las obras más significativas del proyecto (tubería forzada, casa de máquinas, canal de descarga y vial de acceso) está previsto que se realicen en la margen derecha del río Águeda, aguas abajo de la presa. Por ese motivo, se ha realizado una cartografía de detalle para discernir entre los afloramientos rocosos, y sus zonas de alteración, y la presencia de materiales provenientes de la excavación de la carretera superior.

A parte de un control del buzamiento de las capas, se han realizado estaciones geomecánicas (EG) para la caracterización del macizo rocosos presente en estas áreas.

En la imagen siguiente se presenta dicha cartografía y se localizan las estaciones geomecánicas realizadas. Los materiales coluviales/eluviales presentes no superan el metro de espesor, destacando los vertidos de rocas provenientes de la excavación de la carretera de acceso a la galería inferior.

La tubería forzada cruzará dicha carretera y se situará a media ladera hasta alcanzar la Casa de Máquinas. Hasta el PK 0+135 discurrirá por el contacto roca/coluvión, alcanzando en algunos tramos excavaciones en roca próximas a los 5 m. Posteriormente, toda la excavación se realizará en roca, con excavaciones que localmente pueden superar los 7 m, sobre todo al conectar con la Casa de Máquinas. Ver perfil en imagen siguiente.

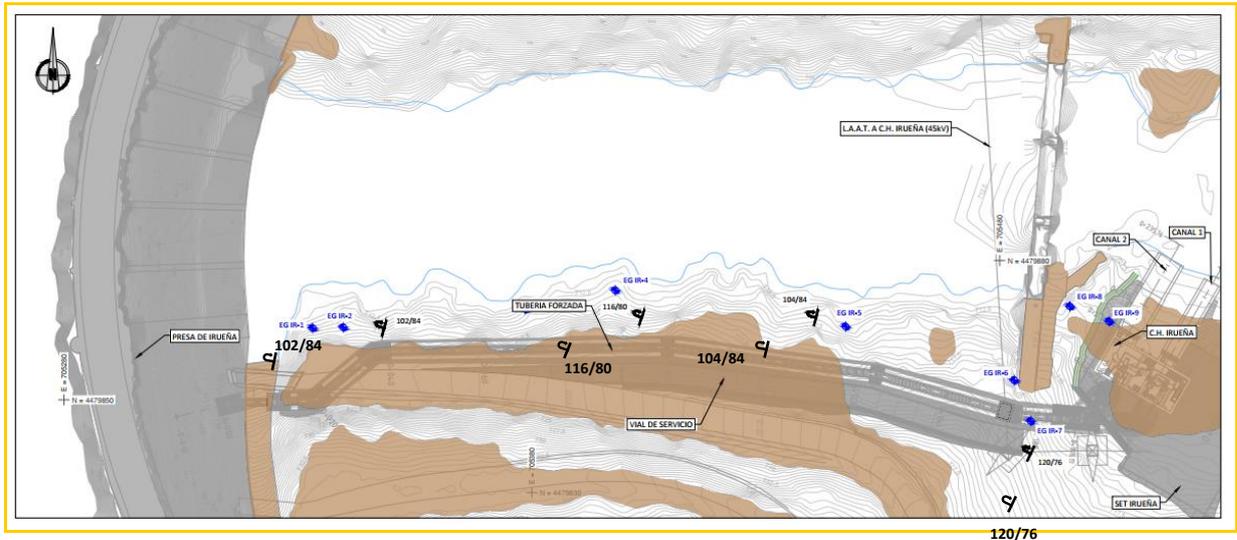


Imagen 46. Cartografía de detalle de los materiales eluviales/coluviales y zonas hormigonadas de la margen derecha del río Águeda (color marrón), aguas abajo de la presa de Irueña. Localización de las Estaciones Geomecánicas realizadas y buzamientos de la So (serie invertida).

El perfil de excavación del trazado de la Tubería Forzada puede verse en la imagen siguiente, transcurriendo casi en su totalidad en roca del Tipo II.

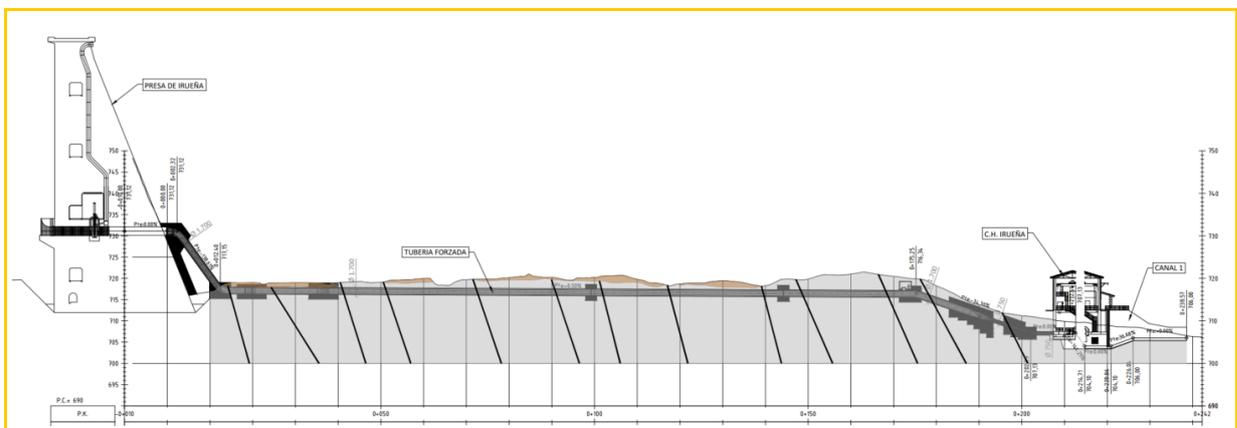


Imagen 47. Perfil de excavación de la Tubería Forzada, en roca Tipo II. Eluvial y vertidos en marrón.

3.3.2. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

En su caracterización se han tenido en cuenta las siguientes definiciones (ISRM 1978):

- Roca: agregado natural de partículas de uno o más minerales, con fuerte unión cohesiva permanente, que constituyen masas geológicamente independientes y cartografiables.
- Suelo: agregado natural de partículas minerales granulares y cohesivas, separables por medios mecánicos de baja energía o por agitación en agua.

- Macizo rocoso: conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. Presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo, consecuencia de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad, que condicionan su comportamiento geomecánico e hidráulico.
- Matriz rocosa = Roca matriz = Roca intacta: material rocoso sin discontinuidades, o bloques de roca entre discontinuidades. (Se caracteriza por su densidad, deformabilidad y resistencia; por su localización geográfica; y por su litología, ya sea ésta única o variada).
- Discontinuidad: cualquier plano de origen mecánico o sedimentario en un macizo rocoso, con una resistencia a la tracción nula o muy baja. (Genera comportamiento no continuo de la matriz rocosa, y normalmente anisótropo).

El macizo rocoso se comporta en función de cómo sea la:

- Matriz rocosa: litología (características petrográficas y propiedades)
- Discontinuidades: fracturación (tipo y frecuencia)
- Estructuras geológicas no discontinuas (sedimentarias, tectónicas: pliegues...)
- Tensiones naturales (estado tensional o de esfuerzos, sismicidad, movimientos...)
- Factores geoambientales
- Grado de meteorización, susceptibilidad a la meteorización
- Condiciones hidrogeológicas (nivel freático y sus variaciones, contenido en humedad, circulación de agua...)

La metodología de descripción presenta las siguientes etapas:

1. Descripción general del afloramiento y división en zonas (visión general)
 - Identificación, características y condiciones del afloramiento en conjunto
 - Descripción de cada componente: rocas, suelos, agua, singularidades...
 - División del afloramiento en zonas (partes más homogéneas)
2. Descripción de cada una de las zonas identificación, características y condiciones del afloramiento en conjunto
 - Descripciones objetivas y normalizadas de sus elementos estructurales (matriz rocosa y discontinuidades) y de sus propiedades
3. Descripción y caracterización del macizo rocoso en su conjunto
 - Síntesis de conocimientos (a partir de las observaciones y descripciones): perfiles geológico-geotécnicos y clasificaciones geomecánicas
 - Integración del emplazamiento en la geología regional

Para determinar sus parámetros característicos se toman datos cualitativos y cuantitativos para realizar la clasificación geomecánica. Se aplican tablas donde se establecen clases (escalas con valores de referencia, criterios) que permiten cuantificar dichas características y obtener parámetros. Los parámetros que definen y caracterizan el macizo en su conjunto son:

- Meteorización

Clase	Término	Descripción
I	Fresco	No aparecen signos visibles de meteorización, tal vez ligera decoloración en las grandes superficies de discontinuidad.
II	Ligeramente meteorizado	Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización. La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad.
III	Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del macizo aparece descompuesto o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece de forma continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente meteorizado	Más de la mitad del macizo aparece descompuesto o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece de forma discontinua o como núcleos aislados.
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo aparece descompuesto o transformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.
VI	Suelo residual	Todo el material rocoso se ha transformado en suelo. Se ha destruido la estructura del macizo rocoso y la fábrica del material. Existe cambio de volumen pero el suelo no se ha transportado significativamente.

Tabla 1. Clasificación del grado de meteorización de un macizo rocoso (ISRM,1981; UNE-ENV 1997-3)

Término	Descripción
FRESCA	No se observan signos de meteorización en la matriz rocosa.
DECOLORADA	Se observan cambios en el color original de la roca debidos a meteorización. Indicar el grado de cambio y si dicho cambio se limita a uno o varios minerales.
DESINTEGRADA *	Roca meteorizada a suelo, conservándose la fábrica original. Los granos minerales están sin alterar, pero la roca es friable.
DESCOMPUESTA*	Roca meteorizada a suelo, conservándose la fábrica original. Algunos o todos los granos minerales están descompuestos.
* Admiten grados: ligeramente (<10%), moderadamente (<35%), altamente (<75%), extremadamente (>75%)	

Tabla 2. Grado de meteorización de la matriz rocosa (ISRM, BS 5930:1981).

- Resistencia: Los criterios que se emplearán para su determinación en campo son los siguientes:

CLASE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN EN CAMPO	RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE
R ₀	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0,25 - 1,0 MPa
R ₁	Roca muy blanda	Se talla fácilmente con una navaja. La punta del martillo la desmenuza	1,0 - 5,0
R ₂	Roca blanda	Se talla con dificultad con la navaja. La punta del martillo se indenta al golpearla	5,0 - 25

CLASE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN EN CAMPO	RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE
R ₃	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo	25 - 50
R ₄	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla	50 - 100
R ₅	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes de martillo para fracturarla	100 - 250
R ₆	Roca extremadamente dura	Al golpearla con el martillo solo saltan esquirlas	> 250

Tabla 3. Criterios para determinación de resistencia.

Las discontinuidades son las que condicionan realmente las propiedades y el comportamiento resistente, deformacional e hidráulico de los macizos rocosos. La resistencia al corte de las discontinuidades es el aspecto más importante en la determinación del estado de los macizos rocosos duros fracturados y, para su estimación, es necesario definir las características y propiedades de los planos de discontinuidad presentes en los testigos, dado que **frecuentemente los rellenos y fábrica de las mismas son las que condicionan el comportamiento del macizo rocoso y no la roca matriz.**

La descripción y medida de estos parámetros geométricos para cada familia debe comprender: 1) Orientación, 2) Espaciado, 3) Nº de fracturas, 4) Rugosidad, 5) Tipo de relleno y espesor.

- Número de familias de discontinuidades
 - Condiciona el aspecto del macizo rocoso y su comportamiento (resistencia y deformación).
 - La orientación de las diferentes familias respecto a la obra condiciona la estabilidad.
 - Por tanto, deben registrarse todas las familias y evaluar su importancia.

Tipo de macizo	Número de familias
I	Masivo, discontinuidades ocasionales
II	1 familia de discontinuidades
III	1 familia de discontinuidades más otras ocasionales
IV	2 familias de discontinuidades
V	2 familias de discontinuidades más otras ocasionales
VI	3 familias de discontinuidades
VII	3 familia de discontinuidades más otras ocasionales
VIII	4 o más familias de discontinuidades
IX	Brechificado

Tabla 4. Clasificación de los macizos rocosos por las discontinuidades (ISRM, 1981).

- Intensidad de fracturación: relación con el número y características de las fracturas, como su espaciado, tipo, estado... El factor que mejor define el grado de fracturación es la densidad de fracturas (nº / volumen).

Descripción del Espaciado	
< 2 mm	Especialmente pequeño
2 - 6	Muy pequeño
6 - 20	Pequeño
20 - 60	Mediano
60 - 200	Amplio
200 - 600	Muy amplio
> 600 mm	Especialmente amplio

Tabla 5. Espaciado de fracturación.

La clasificación de macizos rocosos por el tamaño del bloque y grado de fracturación se puede realizar de las siguientes formas:

1. Mediante el índice de tamaño de bloque I_b , que representa las dimensiones medias de los bloques tipo medidos en el afloramiento.

$$I_b = (S_1 + S_2 + S_3) / 3$$

siendo S_1 , S_2 y S_3 son los valores medios del espaciado de las tres familias de discontinuidades.

2. Mediante el parámetro J_v , se determina por el número de discontinuidades que interceptan una unidad de volumen (1m³) del macizo.

$$J_v = \text{número de discontinuidades} / \text{longitud medida}$$

Por ejemplo, para un macizo con tres familias de discontinuidades (J_1 , J_2 y J_3):

$$J_v = (n^\circ J_1 / L_1) + (n^\circ J_2 / L_2) + (n^\circ J_3 / L_3)$$

O en función del espaciado: “parámetro volumétrico del bloque”:

$$J_v = \sum (1 / S_i) \text{ (espaciado medio)}$$

Descripción del tamaño de bloque en función del nº de discontinuidades (ISRM, 1981)

Descripción	Jv (disc/m3)
Bloques muy grandes	< 1
Bloques grandes	1-3
Bloques medios	3-10
Bloques pequeños	10-30
Bloques muy pequeños	>30

Tabla 6. Descripción del tamaño de bloque en función del nº de discontinuidades (ISRM, 1981).

Clasificación de macizos rocosos por el tamaño y forma de los bloques:

Clase	Tipo	Descripción
I	Masivo	Pocas discontinuidades o con espaciado muy grande
II	Cúbico	Bloques equidimensionales
III	Tubular	Bloques con una dimensión menor que las otras dos
IV	Columnar	Bloques con una dimensión mayor que las otras dos
V	Irregular	Grandes variaciones de tamaño y forma
VI	Triturado	Muy fracturado

Tabla 7. Clasificación de macizos rocosos por el tamaño y forma de los bloques.

3.3.2.1. ESTACIONES GEOMECÁNICAS (EG)

Para una descripción detallada de un afloramiento en una estación geomecánica hay que describir por un lado la matriz rocosa y por otro las discontinuidades.

- La toma de datos requiere una sistemática precisa y su presentación en forma de ficha: proyecto, autor, fecha, localización, estación, planos, fotos...
- En zonas extensas tomar datos en varios puntos o estaciones de medida, para que los datos sean representativos del macizo
- A partir de los datos, obtener parámetros relativos a la matriz rocosa y a las discontinuidades (número de familias de discontinuidades, su orientación y sus características)

Se han realizado un total de 9 Estaciones Geomecánicas, 7 en el trazado de la Tubería Forzada y 2 en el área de la Casa de Máquinas/Subestación Eléctrica. Ver ejemplo de ficha a continuación, resto en Apéndice 2.

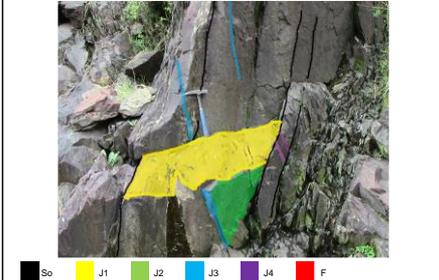
AIN active CONSULTORES TÉCNICOS		PROYECTO CONSTRUCCIÓN PLANTA HIDROELÉCTRICA IRUEÑA (SALAMANCA)				CALIDAD AFLORAMIENTO Muy Bueno		ESTACIÓN GEOMECÁNICA EG- IR 1																																														
REALIZADO POR	Joan Santamaría i Casanovas		FECHA	10/8/2022	LOCALIZACIÓN	Prov / T Muna Hoja/Plano	SALAMANCA FUENTE EGUNALDO 550	UTM	29 T X 705.329 Y 4.479.866																																													
TECTÓNICA REGIONAL	Planco monoclinel invertido		ORIENTACIÓN LADERA	W - E	TAMAÑO AFLORAMIENTO	40 m		ORIGEN	natural																																													
MACIZO ROCOSO	Sedimentaria algo metamorfica		DESCRIPCIÓN	Alter cm a dcm de areniscas medias gradadas a limolitas y lutitas cm				Fm / EDAD	PRECÁMBRICO																																													
TIPO DE ROCA	Masiva		Capas Estratificadas	X	Capas laminadas	X	Capas compuestas	X	BLOQUES	Irregulares X Regulares																																												
FRACCIÓN RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25			VALOR	17																																													
GRADO DE METEORIZACIÓN MATRIZ ROCOSA (SRM 1981)	SANA		ALGO METEORIZADA	METEORIZACIÓN MEDIA	MUY METEORIZADA	COMPLEMENTAMENTE METEORIZADA		SUELO RESIDUAL	VI																																													
RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE MATRIZ ROCOSA (1 Mpa = 10 Kp/cm ²)	VALOR	EXTR. DURA MARTILLO RAYA > 2.500 kcal/cm ²	MUY DURA VARIOS GOLPES 2.500 - 1.000 kcal/cm ²	DURA MÁS DE 1 GOLPE 1.000 - 500 kcal/cm ²	MEDIA 1 GOLPE MARTILLO 500 - 250 kcal/cm ²	BLANDA PUNTA MARTILLO 250 - 50 kcal/cm ²	MUY BLANDA NAVAJA 50 - 10 kcal/cm ²	EXTR. BLANDA UNA < 10 kcal/cm ²	VALOR																																													
SEP. ENTRE DISCONTINUIDADES	>2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	<0,06 m			VALOR	10																																													
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			VALOR																																													
APERTURA	0 mm	< 0,10 mm	0,1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm			VALOR	4																																													
RUGOSIDAD	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			VALOR	1																																													
RELLENOS	Ninguno	Duro (< 5 mm)	Duro (> 5 mm)	Blando (< 5 mm)	Blando (> 5 mm)			VALOR	6																																													
METEORIZACIÓN DISC.	Inalterada (I)	Ligeramente alterada (II)	Moderadamente alterada (III)	Muy alterada (IV)	Descompuesta (V-VI)			VALOR	5																																													
HIDROGEOLOGÍA	VALOR	15	COMPLEMENTAMENTE SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO	CAUDAL ESTIM.	0																																													
ORIENTACIÓN DISCONTINUIDADES	Tuneles	Excavación favor buzamiento	Excavación contra buzamiento	Buz 45° - 90°	-5 -7 -10 -15 -20 -25	Excavación paralela al eje	Buz 45° - 90°	-12 -20 -25	Buz 0° - 20°																																													
								TILT TEST	Jv (disc./m ²)																																													
								VALOR	8																																													
CROQUIS AFLORAMIENTO				LOCALIZACIÓN				CLASIFICACIÓN RMR																																														
								<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARAMETRO</th> <th>VALORACION</th> <th>RMR MODIFICADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RCS</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>RQD (%)</td> <td>17</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>SEPARACIÓN DISC. (m)</td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Apertura</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Rugosidad</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Relenos</td> <td>6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Meteoriz.</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Presencia de agua</td> <td>15</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>RMR BASICO</td> <td>67</td> <td>67</td> </tr> <tr> <td>CORRECCION POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>CLASE</td> <td>II BUENA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>100-81 I 80-61 II 60-41 III 40-21 IV <21 V</td> <td></td> <td>67</td> </tr> </tbody> </table>		PARAMETRO	VALORACION	RMR MODIFICADO	RCS	5	5	RQD (%)	17	17	SEPARACIÓN DISC. (m)	10	10	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	4	4	Longitud	4	4	Apertura	4	4	Rugosidad	1	1	Relenos	6	6	Meteoriz.	5	5	Presencia de agua	15	15	RMR BASICO	67	67	CORRECCION POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES	0	0	CLASE	II BUENA		100-81 I 80-61 II 60-41 III 40-21 IV <21 V		67
PARAMETRO	VALORACION	RMR MODIFICADO																																																				
RCS	5	5																																																				
RQD (%)	17	17																																																				
SEPARACIÓN DISC. (m)	10	10																																																				
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	4	4																																																				
Longitud	4	4																																																				
Apertura	4	4																																																				
Rugosidad	1	1																																																				
Relenos	6	6																																																				
Meteoriz.	5	5																																																				
Presencia de agua	15	15																																																				
RMR BASICO	67	67																																																				
CORRECCION POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES	0	0																																																				
CLASE	II BUENA																																																					
100-81 I 80-61 II 60-41 III 40-21 IV <21 V		67																																																				
								CLASIFICACIÓN Q																																														
								<table border="1"> <thead> <tr> <th>Q</th> <th>Jr</th> <th>3</th> <th>Ja</th> <th>1</th> <th>Jw</th> <th>1</th> <th>SRF</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="9">= RQD/Jn x Jr/Ja x Jw/SRF</td> </tr> <tr> <td>9,38</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><0,01-0,1</td> <td>0,1-1</td> <td>1-4</td> <td>4-10</td> <td>10-40</td> <td>40-100</td> <td>100-400</td> <td></td> <td>Ma</td> </tr> <tr> <td>Ex. mala</td> <td>M. Mala</td> <td>Mala</td> <td>Media</td> <td>Buena</td> <td>M. Buena</td> <td>Ex. Buena</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Q	Jr	3	Ja	1	Jw	1	SRF	2	= RQD/Jn x Jr/Ja x Jw/SRF									9,38									<0,01-0,1	0,1-1	1-4	4-10	10-40	40-100	100-400		Ma	Ex. mala	M. Mala	Mala	Media	Buena	M. Buena	Ex. Buena		
Q	Jr	3	Ja	1	Jw	1	SRF	2																																														
= RQD/Jn x Jr/Ja x Jw/SRF																																																						
9,38																																																						
<0,01-0,1	0,1-1	1-4	4-10	10-40	40-100	100-400		Ma																																														
Ex. mala	M. Mala	Mala	Media	Buena	M. Buena	Ex. Buena																																																
								<table border="1"> <thead> <tr> <th>GSi</th> <th>40</th> <th>50</th> <th>GSi</th> <th>= RMR mod - 5</th> <th>62</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6"></td> </tr> </tbody> </table>		GSi	40	50	GSi	= RMR mod - 5	62																																							
GSi	40	50	GSi	= RMR mod - 5	62																																																	

Imagen 48. Ejemplo de ficha de realización de una estación geotécnica con los datos obtenidos.

Sus emplazamientos se sitúan en las siguientes coordenadas:

Coordenadas EG			
EG-IR-1	29 T	705.329	4.479.866
EG-IR-2	29 T	705.341	4.479.867
EG-IR-3	29 T	705.381	4.479.872
EG-IR-4	29 T	705.389	4.479.878
EG-IR-5	29 T	705.444	4.479.855
EG-IR-6	29 T	705.483	4.479.856
EG-IR-7	29 T	705.487	4.479.845
EG-IR-8	29 T	705.503	4.479.877
EG-IR-9	29 T	705.507	4.479.869

Tabla 8. Coordenadas de las diversas Estaciones Geomecánicas.

A continuación, se presenta una tabla con las medias obtenidas de los principales parámetros considerados.

ESTACIONES GEOMECÁNICAS IRUEÑA											
Denom	So	J1	J2	J3	J4	RQD	Alter	RCS	RMRb	Q	GSI
EG-IR-1	100/84	24/16	322/88	132/88	288/72	80	II	M-D	67	9,38	45
EG-IR-2	102/82	282/22	284/82	190/88	326/82	80	II	D-MD	72	10	45
EG-IR-3	106/82	305/28	294/82			65	III	M-D	62	9,8	45
EG-IR-4	116/80		224/86	190/80	244/60	80	II	D-MD	72	11,25	45
EG-IR-5	104/82	30/40	270/88		350/40	80	II	D	71	11,25	45
EG-IR-6	120/74				280/68	90	II	MD-D	77	11,88	45
EG-IR-7	120/74		306/66		250/60	70	III	D	65	7,5	45
EG-IR-8	110/76	322/30	270/78	140/84		90	I	MD-D	77	12,5	45
EG-IR-9	120/74	214/20	288/78	206/82		80	II	D	71	11,25	45
MEDIA	110/80	300/26	280/82	180/82	270/66	80	II	D	70	10,53	45

Tabla 9. Medias obtenidas de los principales parámetros considerados en las Estaciones Geomecánicas

Según las observaciones realizadas, el macizo rocoso de la margen derecha del río Águeda, aguas abajo de la presa de Irueña, presenta las siguientes características:

- Afloramientos continuos de roca estratificada tipo flysch, algo metamórfica, de Tipo II, ligeramente alterada.
- Roca formada por una alternancia dcm a métrica de areniscas de grano fino a medio, gradadas a limolitas y lutitas de espesores dcm a cm, con algunos niveles desorganizados (slumps).
- Serie invertida, con techo hacia aguas arriba y buzamientos hacia aguas abajo.
- Rocas afectadas por una esquistosidad penetrativa que se refracta según las litologías y tamaño de grano.
- En profundidad la roca pasa a tipo I-II, con núcleos intactos de roca Tipo I, roca decolorada.
- Roca dura a muy dura, de 50 a 250 MPa.
- Macizo Tipo VII, con 3 familias de discontinuidades más alguna esporádica
- El macizo se descompone en bloques tabulares medios a pequeños.
- Clasificación media del RMR de 70 (Tipo II Buena) y Q de 10.5 (Buena).

La caracterización de macizos rocosos es un componente esencial para la planificación y desarrollo de diseños de ingeniería en mecánica de rocas e ingeniería de rocas. La Designación de Calidad de la Roca (RQD) es un sistema de caracterización del macizo rocoso ampliamente utilizado que depende de la dirección, es decir, la medición de una muestra de núcleo depende no solo de la posición de la muestra sino también de su orientación.

La clasificación RQD (Deere et al., 1967) proporciona una medida cuantitativa del grado de agrietamiento o fractura de la masa rocosa de los pozos, que consiste en 100 veces la relación entre la longitud total de las piezas del núcleo mayores de 100 mm y el recorrido total del núcleo. longitud. El sistema de clasificación RQD utiliza una escala continua que va de 0 a 100 para asignar la calidad del macizo rocoso y posicionarlo dentro de una de cinco clases (excelente, bueno, regular, pobre, muy pobre).

Como indica Marinos *et al.* (2005), el índice de resistencia geológica (GSI) es un sistema de caracterización del macizo rocoso que se ha desarrollado en ingeniería mecánica de rocas para satisfacer la necesidad de datos de entrada fiables, en particular los relacionados con las propiedades del macizo rocoso requeridos como entradas en el análisis numérico o soluciones de forma cerrada. para el diseño de túneles, taludes o cimientos en rocas. El carácter geológico del material rocoso, junto con la evaluación visual de la masa que forma, se utiliza como entrada directa para la selección de parámetros relevantes para la predicción de la resistencia y deformabilidad de la masa rocosa. Este enfoque permite considerar un macizo rocoso como un continuo mecánico sin perder la influencia que la geología tiene sobre sus propiedades mecánicas.

Para macizos estratificados de roca tipo flysch, proponen el siguiente gráfico de aplicación:

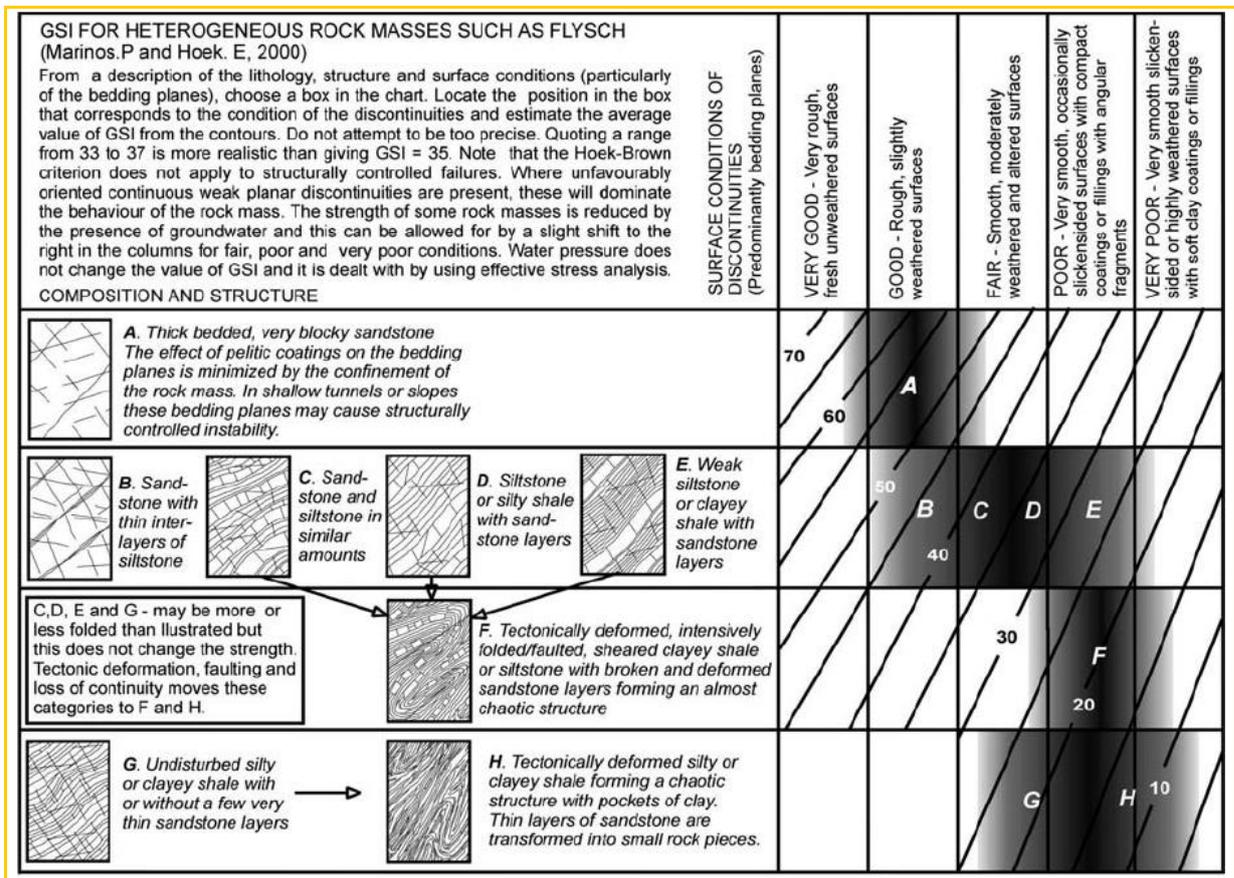


Imagen 49. Gráfico GSI de aplicación para rocas tipo flysch

En nuestro caso nos encontraríamos en la zona B (areniscas con pequeñas interestratificaciones de limolitas), localmente en la zona C (areniscas y lutitas en proporciones similares), obteniendo una media de 45.

La zonificación o dominio adecuado de las áreas que presentan similitudes en los componentes litológicos, estructurales, hidrogeológicos y de calidad de las rocas es de suma importancia para el éxito de los diseños geotécnicos en ingeniería minera, geológica y geotécnica. Los parámetros de resistencia y deformabilidad de los macizos rocosos, y la naturaleza de la red de discontinuidades, constituyen una información compleja que debe respaldarse en otras técnicas, como por ejemplo la geofísica.

3.3.2.2. CAMPAÑA GEOFÍSICA

Dada la escasa excavación, y la presencia de afloramiento continuo de roca, en la zona de la Tubería Forzada no se ha realizado una campaña geofísica, centrando la técnica sísmica de superficie en la Casa de Máquinas y la Subestación Eléctrica, al presentar un recubrimiento más elevado y sus resultados podían ser extrapolables al resto de afloramientos.

Los métodos sísmicos permiten distinguir entre cuerpos geológicos que presenten diferente velocidad de tránsito de las ondas sísmicas a través de ellos.

- **Sísmica de refracción:** estudia los tiempos de viaje de las ondas directas y refractadas. Se utiliza habitualmente para la caracterización geotécnica del subsuelo. Cuando la inversión de los datos se hace con técnicas tomográficas, se denomina Tomografía sísmica de superficie (TSS).

La principal aplicación de la sísmica de refracción es estudiar la excavabilidad de los materiales del subsuelo. Para ello se correlacionan las velocidades sísmicas obtenidas en los modelos con tablas de ripabilidad. Puede determinar las condiciones de fracturación y meteorización de un macizo rocoso. Es un método geofísico no destructivo para la interpretación de las propiedades de los suelos, y la detección de la profundidad de la roca, mediante el análisis de las variaciones en las velocidades sísmicas.

La sísmica de refracción además permite definir la geometría de los niveles de roca sana, roca alterada y recubrimiento, así como la profundidad de estos niveles puesto que los materiales más resistentes y compactos presentarán una velocidad de propagación mayor.

3.3.2.2.1. Fundamentos teóricos del método sísmico

El método sísmico estudia la propagación de las ondas sísmicas que atraviesan el terreno para su caracterización mecánica. Se asume que la deformación asociada al pulso sísmico es elástica, aunque en la realidad el terreno no es perfectamente elástico, ya que una perturbación mecánica produce micro deformaciones plásticas debido al reajuste en diaclasas y fracturas que acumularían parte de la deformación, lo que se traduce en la atenuación reológica de la perturbación.

Existen varios tipos de ondas sísmicas: las ondas internas que se desplazan bajo la superficie y se propagan volumétricamente, y las ondas superficiales, que se desplazan cerca de la superficie y que se propagan bidimensionalmente. Dentro de las primeras encontramos:

- Ondas P o primarias. Estas ondas producen un esfuerzo de compresión en el material a lo largo de la dirección de propagación del frente de ondas. Por lo tanto, la oscilación se produce en la misma dirección de propagación del material.
- Ondas S o de cizalla. Estas ondas producen un esfuerzo de cizalla en el material, es por ello que no se propagan en los fluidos, cuya resistencia de cizalla es nula. La oscilación del material se produce en un plano perpendicular a la dirección de propagación del frente de ondas.

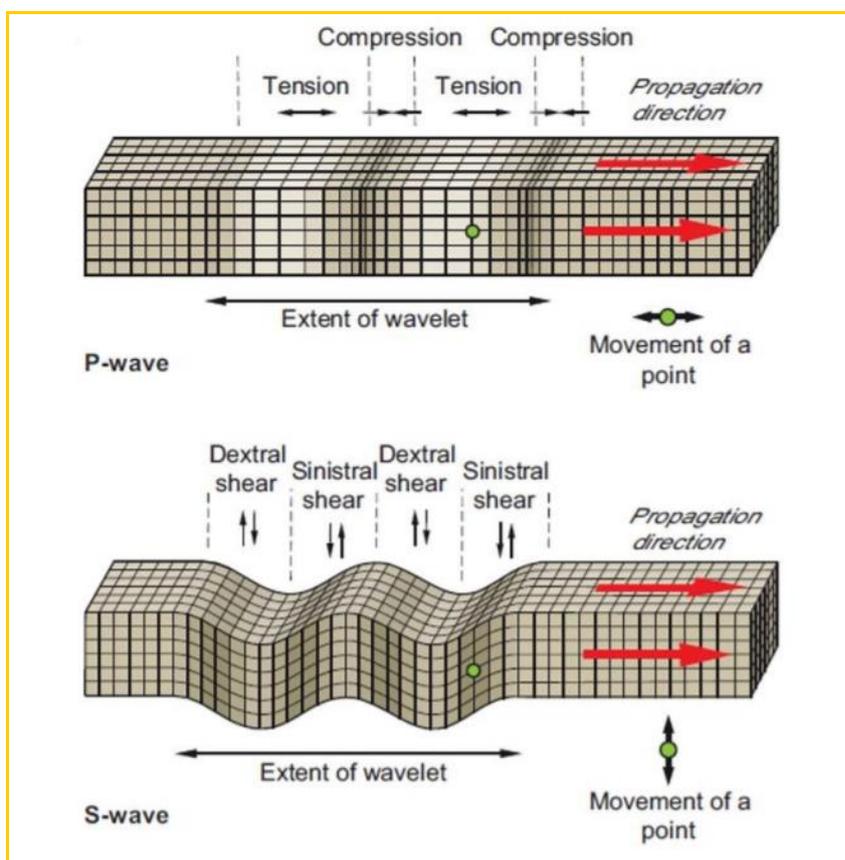


Imagen 50. Modos de vibración elástica y propagación de ondas P y ondas S. Dentith & Mudge (2014)

Una propiedad de las ondas internas de gran interés en prospección sísmica es que la perturbación viaja a la misma velocidad en un medio homogéneo e isótropo (velocidad de fase). Esta velocidad es función únicamente del módulo elástico y la densidad del material que atraviesan [Dentith & Mudge, 2014]:

$$V_{\text{ONDAS INTERNAS}} = \sqrt{\frac{\text{Módulo elástico}}{\text{densidad}}}$$

Esto permite caracterizar el terreno con un valor único de velocidad de las ondas P o S (en la práctica este valor presenta un pequeño rango de variación debido a la inhomogeneidad y anisotropía del terreno natural).

3.3.2.2.2. Ripabilidad

La excavabilidad (rippability) o capacidad de una roca de ser fracturada y/o movida por una maquinaria pesada depende de muchos factores como son la potencia de la maquinaria a utilizar y las propiedades mecánicas de la roca. En este caso se consideró una máquina de Caterpillar del tipo D11R, aunque los valores reales estarán en función del equipamiento disponible para la ejecución de los trabajos. La imagen siguiente muestra su capacidad en función del tipo de roca y/o velocidad sísmica.

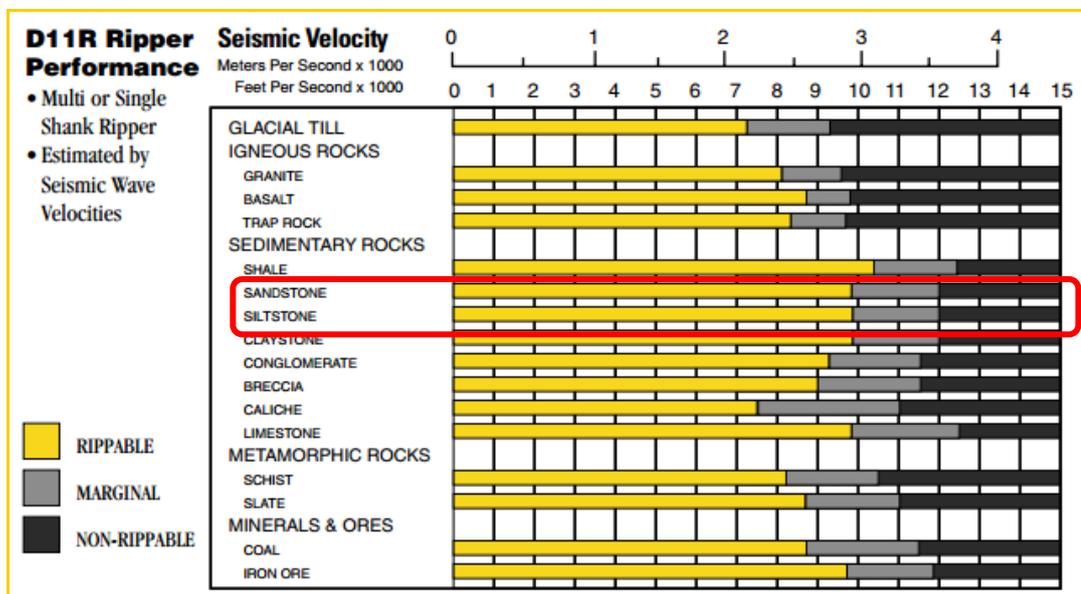


Imagen 51. Excavabilidad para una máquina D11R de Caterpillar, Roca presente en Irueña en rojo

3.3.2.2.3. Equipo de sísmica de refracción

El equipo de registro de sísmica de refracción consta de tres partes fundamentales:

- **Fuente sísmica.** Habitualmente una maza que golpea una placa sobre el terreno, como la energía transmitida por este tipo de fuente no es muy grande, se apilan varias decenas de golpes para modelar mejor las llegadas y suprimir el ruido.
- **Cable de refracción:** También conocido como cable conector, los geófonos se conectan a dicho cable, la regla general es que la longitud extendida del cable conector de geófonos sea 3 a 4 veces la profundidad de investigación
- **Sensores.** Se emplean geófonos que registran el movimiento del terreno (en la dirección vertical con una frecuencia natural de 28 Hz) generado por la fuente sísmica a intervalos regulares.

- **Unidad de registro.** Consta de un sismógrafo digital multicanal de 12 a 24 canales de entrada, que almacena en formato digital la información proveniente de los geófonos.

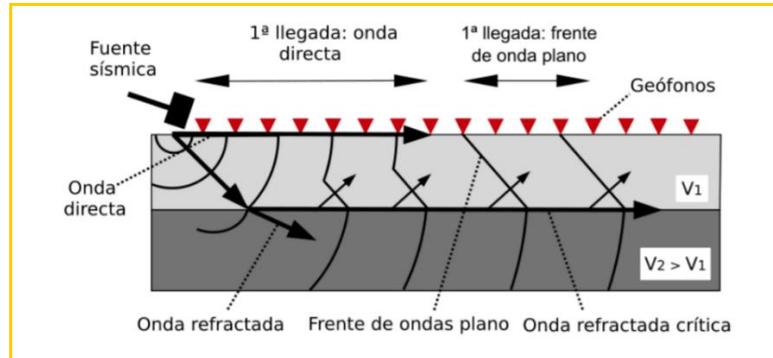


Imagen 52. Frentes de ondas directas y refractadas críticas y trayectorias de los rayos utilizados en sismica de refracción y tomografía sísmica

Una vez generada la onda (emisor de la fuente sísmica) desde un punto conocido y conocida la separación entre geófonos, es posible medir la velocidad de propagación de las ondas longitudinales y con ellas construir perfiles geofísicos 2D en función de la distancia cuya resolución y profundidad dependerá, entre otros, de la separación de los geófonos y la distancia a la fuente sísmica.

El espaciamiento entre geófonos se define en función de la profundidad de exploración requerida y del área libre disponible en la zona de trabajo y la fuente de energía utilizada para generar las ondas sísmicas depende de la profundidad de investigación.

3.3.2.2.4. Campaña realizada

Los trabajos se realizaron el día 11 de noviembre, para más detalles ver Apéndice 2. Se han realizado dos perfiles de tomografía sísmica de 60 m, utilizando 12 geófonos separados cada 5 m y apoyados en 5 puntos de tiro espaciados cada 15 m.

En la imagen siguiente se muestran las direcciones en que se han realizado los perfiles.



Imagen 53. Localización de los perfiles de tomografía sísmica para el estudio del emplazamiento de la Casa de Máquinas y la Subestación eléctrica.

La tomografía sísmica de superficie (TSS) es un método geofísico similar a la sísmica de refracción convencional (SRC). La principal ventaja de este método es el grado de detalle de los modelos y que la presencia de capas de baja velocidad, fuertes gradientes laterales o elevados buzamientos no son limitaciones. Es por eso que se ha elegido este método.

Las ventajas que presenta la TSS frente a la sísmica de refracción convencional (SRC) son varias:

- En la SRC se asume que la velocidad sísmica V_p aumenta en profundidad, produciéndose en la interfase entre dos medios de diferente velocidad sísmica una refracción crítica. Esta refracción crítica, que se produce cuando los rayos inciden con un determinado ángulo (denominado ángulo crítico, $\theta_C = \text{arc sen}(V_1 / V_2)$) viajando por la interfase generando un frente de onda plano que se propaga por el medio superior a la velocidad del medio inferior. Por el contrario, en la TSS puede haber refracciones complejas, e incluso inversiones de velocidad en profundidad.
- En la SRC la curvatura de los refractores es suave, y no se pueden obtener geometrías con buzamientos elevados.
- La resolución es mucho más elevada en la TSS que en la SRC

3.3.2.2.5. Resultados obtenidos

A continuación, se presentan los resultados obtenidos. Para el perfil PS-1:

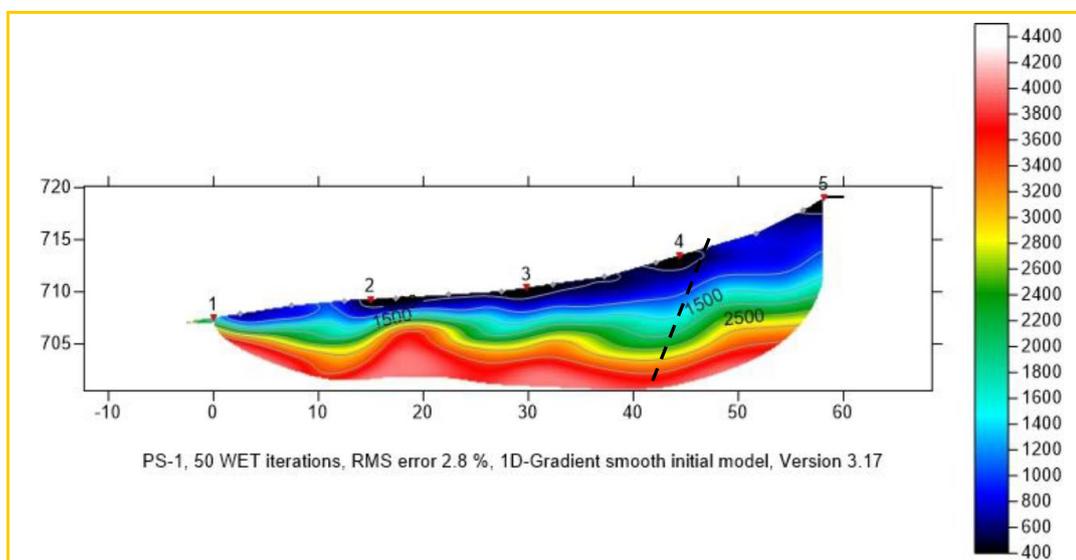


Imagen 54. Interpretación del Perfil PS-1, con la posible presencia de una pequeña fractura en la margen derecha y de un nivel de alteración, de fondo plano, con rellenos variables de materiales tipo suelo.

Para el PS-2:

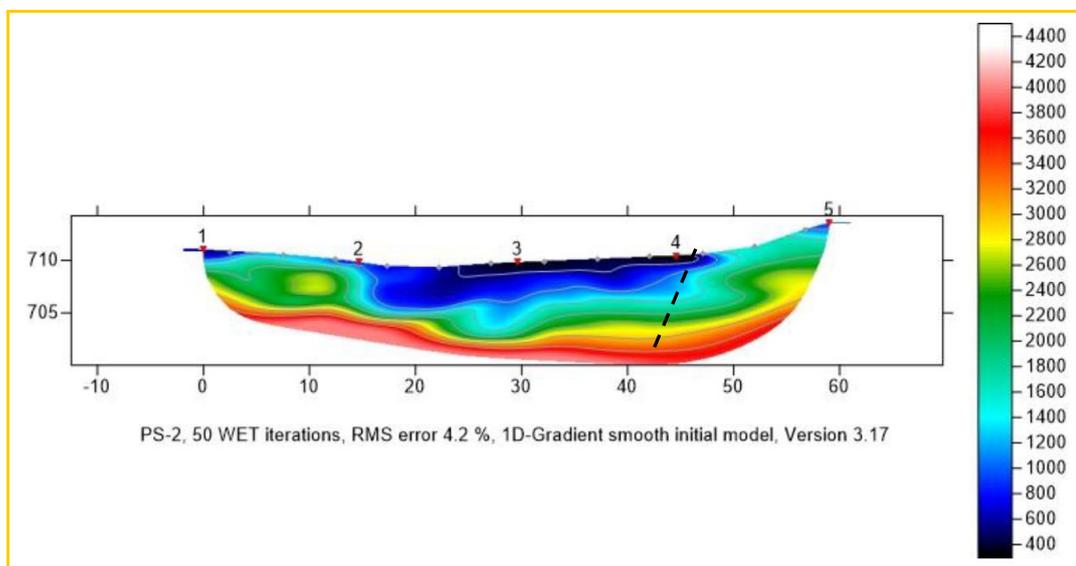


Imagen 55. Interpretación del Perfil PS-2, con una posible fractura y la existencia de un paleocauce, proveniente del drenaje de la ladera sur, que ha alterado algo la roca en profundidad.

Las rocas aflorantes, inicio de los dos perfiles y final del perfil 2, presentan velocidades próximas o superiores a los 1.500 m/s. Los tramos intermedios del perfil 2 y medio superior

del 1 no presentarían dificultades en cuanto a su retirada hasta los 3-5 m aproximadamente. Como puede apreciarse en ambos perfiles, rápidamente la roca pasa a velocidades altas, sobrepasando los 3.000 m/s a partir de los 7 m de profundidad, llegando a los 4.000 m-s, entrando en la zona marginal a no excavable según la maquinaria considerada.

Estos resultados confirman la presencia de una zona de acumulación de suelos en una zona delimitada por las alineaciones mencionadas anteriormente, zona arbolada con ruptura de pendiente, por donde se habrían canalizado las aguas de la ladera alterando al roca, factor a tener en consideración a la hora de desviar las aguas pluviales superficiales.

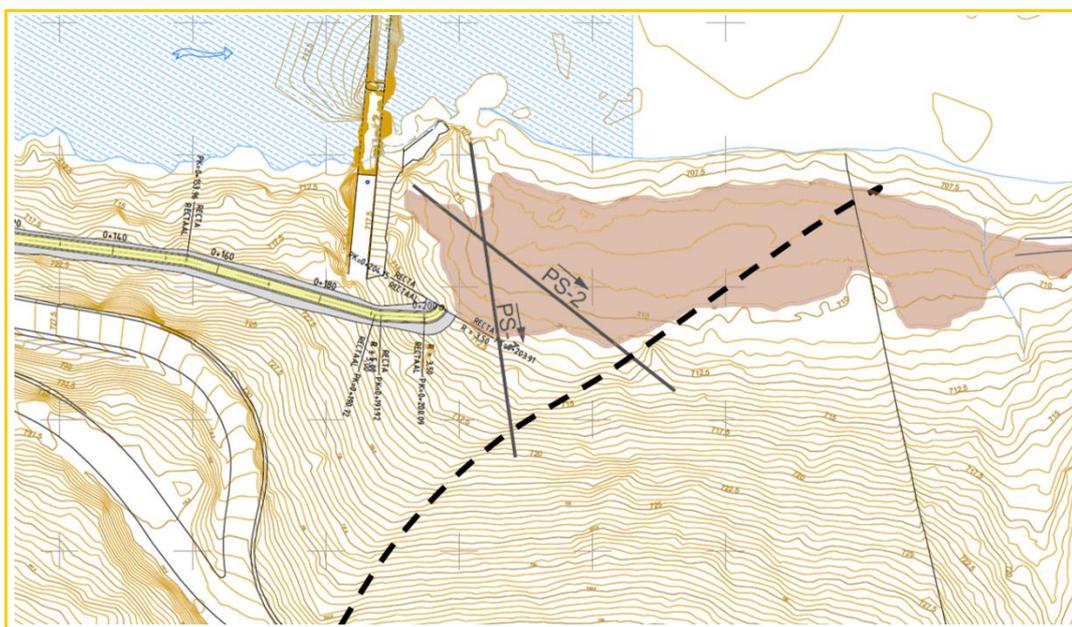


Imagen 56. Zona de acumulación de suelos en la Zona de la Casa de Máquinas y tomografías realizadas

Al tratarse de una alternancia de areniscas y limolitas algo metamórficas poco alteradas, el umbral de ripabilidad dependerá mucho de la máquina a utilizar y del sentido del mismo, recomendando en este caso realizarse de Este a Oeste para aprovechar las debilidades proporcionadas por la estratificación y buzamiento de las capas subverticales hacia el Este, con empleo esporádico del “pica-pica”, y una máquina potente con voladura de esponjamiento y precorte en los tramos más profundos.

4. ESTUDIO DE VOLADURAS

4.1. INTRODUCCION

De acuerdo con lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas la excavación se realizará con medios mecánicos. Únicamente en aquellos casos en que la Dirección de Obra lo determine se podrían utilizar otros métodos de excavación, tales como voladuras o cementos expansivos.

En el presente apartado se realiza un estudio preliminar de las condiciones a cumplir por las voladuras para que, teniendo en cuenta la presencia de estructuras en el entorno de la excavación (presa y presa colchón), no produzcan afecciones perjudiciales sobre las mismas.

Las principales alteraciones que originan las voladuras son vibraciones y ondas aéreas, las cuáles son susceptibles de originar daños en las estructuras próximas.

Las vibraciones derivadas de las voladuras con explosivos son oscilaciones transitorias y no periódicas que se propagan por el terreno a una velocidad característica para cada tipo de terreno, denominada velocidad de propagación. Los parámetros característicos de la vibración son:

- valor de pico de la velocidad de vibración
- frecuencia principal de dicha vibración, la cual varía con el tipo de terreno y con la distancia, siendo tanto más baja cuanto menor sea la velocidad sísmica de dicho terreno y cuanto más distante esté el punto de registro.

Puede darse la circunstancia de que un registro presente varios picos de velocidad de vibración del mismo orden y con diferentes frecuencias. En este caso, habría que considerar la menor de las frecuencias.

Dada la cercanía a infraestructuras de la importancia de la presa de Irueña y la presa colchón situada aguas abajo, y la necesidad de realizar excavaciones en roca colindantes con las mismas, se incluye a continuación un análisis de voladuras, en el marco de la Normativa de aplicación, determinando de acuerdo a ello las cargas admisibles en función de la distancia entre el frente de voladura y el elemento a proteger.

4.2. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y REQUERIMIENTOS

4.2.1. NORMATIVA

La Norma que regula el control de vibraciones producidas por voladuras sobre estructuras que pudieran ser afectadas por las mismas es la Norma UNE (22-381-93) *Control de vibraciones producidas por voladuras*.

4.2.2. CLASIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS Y VALORES DE SEGURIDAD

Por lo que respecta a las vibraciones terrestres, la norma UNE (22-381-93) regula el control de vibraciones producidas por voladuras, clasificando las estructuras susceptibles de sufrir daños en tres grupos, en función de su importancia y características

- Edificios y naves industriales ligeras con estructuras de hormigón armado o metálicas
- Edificios de viviendas, oficinas, centros comerciales y de recreo, cumpliendo la normativa legal vigente. Edificios y estructuras de valor arqueológico, arquitectónico o histórico que por su fortaleza no presenten especial sensibilidad a las vibraciones.
- Estructuras de valor arqueológico, arquitectónico o histórico que presenten especial sensibilidad a las vibraciones por ellas mismas o los elementos que pudieran contener.

Se establece un criterio de prevención de daños mediante la propuesta de valores límites a los parámetros que definen la vibración, que según se ha indicado antes son

- Valor pico de la velocidad de vibración en su mayor componente
- Frecuencia principal de vibración

Que se resume en la Tabla 1 de la Normativa que se reproduce a continuación, y en la que se indican los niveles seguros para el valor pico de la mayor velocidad de vibración medido en el terreno o, para el caso de las frecuencias medias (15-75 Hz), los desplazamientos .

TIPO DE ESTRUCTURA	FRECUENCIAS PRINCIPALES (Hz)		
	2 - 15	15 - 75	> 75
	Velocidad (mm/s)	Desplazamiento (mm)	Velocidad (mm/s)
I	20	0,212	100
II	9	0,095	45
III	4	0,042	20

Tabla 10. Criterio de prevención de daños. Valores pico de la velocidad de vibración en función del tipo de estructura

La Norma por tanto establece unos umbrales de perturbación en cuanto al valor de pico de la mayor componente de la velocidad de vibración medida en el terreno, según la frecuencia principal de vibración y tipo de estructura a proteger.

En esta tabla, para frecuencias medias, aparece según e ha expuesto, el nivel de daños en desplazamientos (mm), pudiéndose calcular la velocidad equivalente conociendo la frecuencia principal según la expresión:

$$v = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot d$$

donde:

- v = velocidad de partícula equivalente (mm/s)
- f = frecuencia principal (Hz) y
- d = desplazamiento admisible indicado en la tabla (mm)

4.2.3. REQUERIMIENTOS DE ESTUDIOS.

La Norma determina el Tipo de estudio sobre vibraciones a partir de la distancia que existe entre la voladura y la estructura a proteger y el valor de la carga corregida de explosivo en kilogramos.

La carga máxima instantánea o carga operante será la suma de todas las cargas de explosivos detonadas con el mismo número de detonador, es decir, al mismo tiempo.

Esta carga instantánea debe ser corregida mediante los valores del factor del macizo rocoso (F_r) y el factor de estructura (F_e), cuyos valores vienen determinados por la norma UNE, según la expresión:

$$Q_c = F_r \cdot F_e \cdot Q$$

TIPO DE ROCA	VELOCIDAD SÍSMICA (m/s)	FACTOR DE ROCA F_r
Rocas duras	> 4.000	0,40
Rocas de dureza media	2.000 – 4.000	1
Rocas blandas	< 2.000	2,52

Tabla 11. Factor de corrección F_r en función de las características de la roca

TIPO DE ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS	FACTOR DE ESTRUCTURA F_e
I	Edificios y naves industriales ligeras con estructuras de hormigón armado o metálicas	0,28
II	Edificios de viviendas, oficinas, centros comerciales y de recreo, cumpliendo la normativa legal vigente. Edificios y estructuras de valor arqueológico, arquitectónico o histórico que por su fortaleza no presentan especial sensibilidad a las vibraciones	1
III	Estructuras de valor arqueológico, arquitectónico o histórico que presenten una especial sensibilidad a las vibraciones por ellas mismas o por elementos que pudieran contener	3,57

Tabla 12. Factor de corrección F_e en función del tipo de estructura

La norma UNE determina la selección del tipo de estudio necesario mediante una gráfica carga corregida/distancia de la estructura a proteger.

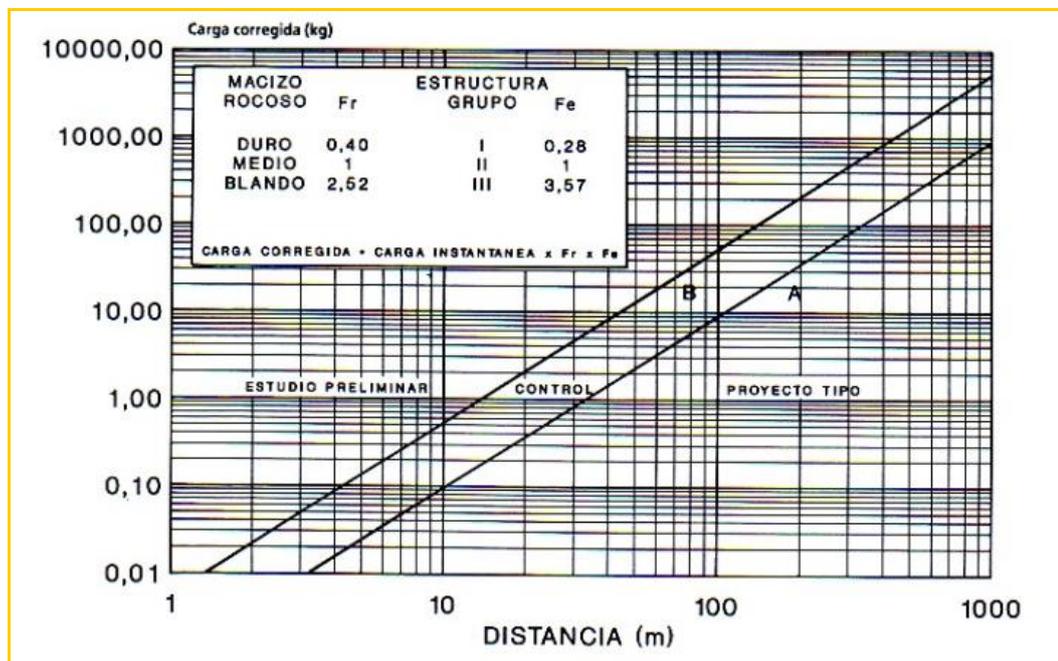


Imagen 57. Tabla carga/distancia general. Selección tipo de estudio

En función de la situación carga – distancia resulta:

- Valor por debajo de la línea A no se requiere más que la propia verificación.
- Valor entre recta A y B : medición de control e la voladura proyectada
- Valor por encima de la línea B: estudio preliminar de vibraciones

No obstante, se puede utilizar una expresión matemática que determina la carga máxima permitida que garantiza para la distancia considerada que es descartable cualquier incidencia sobre la estructura estudiada de las vibraciones producidas por la voladura.

La expresión matemática mencionada es la siguiente:

$$Q = 924,79 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{F_e} \cdot \frac{1}{F_r} \cdot D^2$$

dónde:

Q = Carga máxima instantánea (kg).

Fe =Factor de estructura.

Fr = Factor del macizo rocoso.

D = Distancia de la zona de voladura a la estructura objeto del estudio (m)

Para el caso de las voladuras a realizar en las proximidades de la presa y de la presa colchón, la aplicación de dicha fórmula da lugar a las siguientes cargas operantes, teniendo en cuenta que:

- Macizo rocoso : medio (2000< V<4000 m/s) en los niveles no ripables
- Tipo de estructura:

Puesto que los elementos estructurales próximos a las voladuras (presa) no se encuentran especificados en la tabla que clasifica los distintos tipos de estructura, se analizan los tres casos contemplados.

Al respecto la norma indica que:

Para el resto de estructuras el estudio de vibraciones se ajustará a los criterios de la Administración encargada de velar por la seguridad de las personas y las instalaciones en función del objetivo del proyecto y del tipo de estructuras que previsiblemente puedan estar afectadas

Por lo que en caso de duda corresponderá en principio a la Confederación Hidrográfica del Duero determinar en qué grupo de estructura se encuadran las presas colindantes con la zona de posibles voladuras.

Características voladura		Fe	Fr	Fa	D(m)	Q (kg)
Grupo	I	0,28	1,00	1,00	10,00	0,33
Macizo rocoso	Medio	0,28	1,00	1,00	20,00	1,32
Factor recta	A	0,28	1,00	1,00	30,00	2,97
		0,28	1,00	1,00	40,00	5,28
		0,28	1,00	1,00	50,00	8,26
		0,28	1,00	1,00	60,00	11,89
		0,28	1,00	1,00	70,00	16,18
		0,28	1,00	1,00	80,00	21,14
		0,28	1,00	1,00	90,00	26,75
		0,28	1,00	1,00	100,00	33,03

Tabla 13. Carga operante máxima para Presa incluida en estructuras Grupo I

Características voladura		Fe	Fr	Fa	D(m)	Q (kg)
Grupo	II	1,00	1,00	1,00	10,00	0,09
Macizo rocoso	Medio	1,00	1,00	1,00	20,00	0,37
Factor recta	A	1,00	1,00	1,00	30,00	0,83
		1,00	1,00	1,00	40,00	1,48
		1,00	1,00	1,00	50,00	2,31
		1,00	1,00	1,00	60,00	3,33
		1,00	1,00	1,00	70,00	4,53
		1,00	1,00	1,00	80,00	5,92
		1,00	1,00	1,00	90,00	7,49
		1,00	1,00	1,00	100,00	9,25

Tabla 14. Carga operante máxima para Presa incluida en estructuras Grupo II

Características voladura		Fe	Fr	Fa	D(m)	Q (kg)
Grupo	III	3,57	1,00	1,00	10,00	0,03
Macizo rocoso	Medio	3,57	1,00	1,00	20,00	0,10
Factor recta	A	3,57	1,00	1,00	30,00	0,23
		3,57	1,00	1,00	40,00	0,41
		3,57	1,00	1,00	50,00	0,65
		3,57	1,00	1,00	60,00	0,93
		3,57	1,00	1,00	70,00	1,27
		3,57	1,00	1,00	80,00	1,66
		3,57	1,00	1,00	90,00	2,10
		3,57	1,00	1,00	100,00	2,59

Tabla 15. Carga operante máxima para Presa incluida en estructuras Grupo III

Se observa que en función de la categorización realizada para la estructura el umbral de explosivo a utilizar para una distancia de 20.0 m es

Grupo	Q operante (kg)					
	D=20 m	D=30 m	D=40 m	D=50 m	D=60 m	D=70 m
Grupo I	1,32	2,97	5,28	8,26	11,89	16,18
Grupo II	0,37	0,83	1,48	2,31	3,33	4,53
Grupo III	0,10	0,23	0,41	0,65	0,93	1,27

De acuerdo con ello, considerando la estructura como tipo I, a partir de una distancia de 20.0 m se podrían efectuar voladuras que permiten rendimientos competitivos con la excavación mecánica. Considerando la estructura tipo II serian en torno a 40 m y siendo tipo III la distancia estaría en el orden de 70 m.

4.3. CONTROL DE VIBRACIONES EN OBRA

Durante el proceso de excavación se distinguirán tres tipos de ensayos de vibraciones, los cuales serán progresivos en función del nivel de vibraciones obtenido y del tipo de estudio requerido.

- Ensayos previos
- Ensayos característicos
- Ensayos de control

4.3.1. ENSAYOS PREVIOS

Una vez se haya retirado el material suelto fácilmente ripable, cuando comience a aparecer roca relativamente sana, se irán ejecutando pequeñas voladuras con el objetivo de ir contrastando las hipótesis de las que parte el estudio inicial de control de vibraciones.

Así, se medirán vibraciones en diversos puntos de los alrededores con el objetivo de determinar las constantes geotécnicas reales del macizo a través del cual se transmiten las vibraciones. Estos datos servirán para optimizar la tabla de carga-distancias efectuada inicialmente a partir de los datos procedentes del estudio geológico-geotécnico del proyecto. Si los resultados obtenidos en estas mediciones confirman las hipótesis teóricas planteadas inicialmente y se verifica que no se producirán afecciones, no se considera necesario realizar más registros.

4.3.2. ENSAYOS CARACTERÍSTICOS

Los ensayos característicos se realizarán midiendo vibraciones en voladuras normales de la excavación, colocando los sismógrafos en distintos puntos, con el objeto

de obtener valores reales y fidedignos para elaborar una tabla carga-distancias y obtener la ley de propagación de vibraciones en el macizo rocoso en cuestión.

El procedimiento consiste en realizar un listado de registros de vibraciones obtenidos en las voladuras, de forma que se pueda definir una ley de transmisividad del tipo:

$$v = K \cdot Q^\alpha \cdot D^\beta$$

donde:

- v = Velocidad medida de vibración (mm/s).
- D = Distancia entre el punto de registro y la voladura (m).
- Q = Carga operante (kg).
- K , α y β = Parámetros característicos del terreno.

Una vez definida la ley de transmisividad de vibraciones (es decir, una vez determinados estadísticamente los parámetros K , α y β se podrá realizar una tabla carga-distancia más fidedigna, partiendo de la velocidad límite que permite la ley para cada tipo de estructura. De esta forma nos aseguraremos que los valores de la vibración máxima cumplen lo establecido en la norma UNE (22-381-93) según el gráfico que se expone a continuación.



5. CONCLUSIONES

De los trabajos realizados, se desprende que:

1. La ubicación del trazado de la Tubería Forzada no va a presentar problemas geológicos/geotécnicos, salvo las condiciones de excavabilidad, pues la conducción se prevé que se desarrolle en zanja. De acuerdo a lo obtenido de la interpretación de campo y la extrapolación de los datos geofísicos de la zona de la Casa de Máquinas, la profundidad excavable mediante ripado se encuentra rápidamente en la franja marginal a escasa, requiriéndose explosivos o medios mecánicos muy potentes para alcanzar la profundidad de 5 a 7 m, al tratarse ya de roca competente cercana a la superficie.
 - a) Los taludes de excavación, con las familias de diaclasas identificadas que se cierran en profundidad, es recomendable que sean del orden de 1H: 4V para no afectar a la estabilidad de la carretera superior.
 - b) No se prevé inestabilidades ni filtraciones importantes.
 - c) Su excavación se verá favorecida si se realiza de Este a Oeste, al aprovechar la discontinuidad principal como es la estratificación y el buzamiento subhorizontal hacia el Este.
2. El emplazamiento de la Casa de Máquinas igualmente se sitúa en roca de buena calidad geotécnica, Tipo II, requiriéndose voladura ligera para su excavación, ya que la cimentación de la misma se encuentra a unos 10 m de profundidad de la cota del terreno natural.
 - a) Los taludes de excavación, con las familias de diaclasas identificadas que se cierran en profundidad, es recomendable que sean del orden de 1H: 4V o superior para no incrementar la superficie a excavar.
 - b) No se prevé inestabilidades ni filtraciones importantes, aunque no es de descartar dada la proximidad del río y la posible presencia de una falla.
3. La Subestación Eléctrica requerirá la excavación mínima para su instalación, encontrando roca alterada y algo de suelos, con espesores cercanos a 1-3 m.
4. Los apoyos de las torres de la Línea de Evacuación van a requerir una excavación mínima, dada la presencia del sustrato rocoso muy cerca de la superficie y la presencia de suelos escasos. Cimentación directa.

Un ejemplo de la calidad de la roca excavada puede verse en la imagen siguiente, con un talud elevado con las cañas de la voladura presentes, realizada en la carretera de acceso a las galerías de la margen izquierda de la presa.



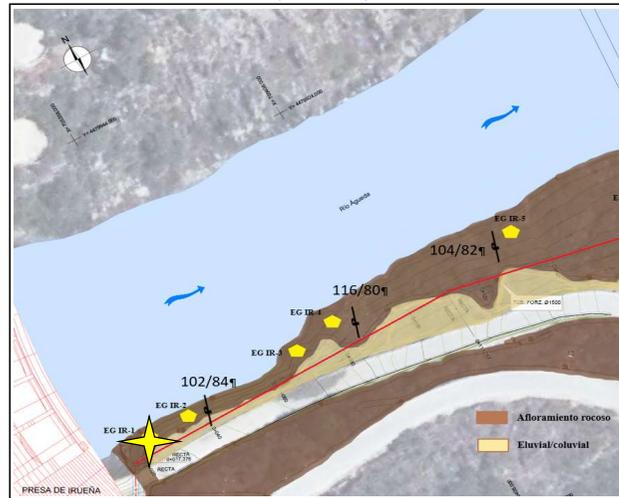
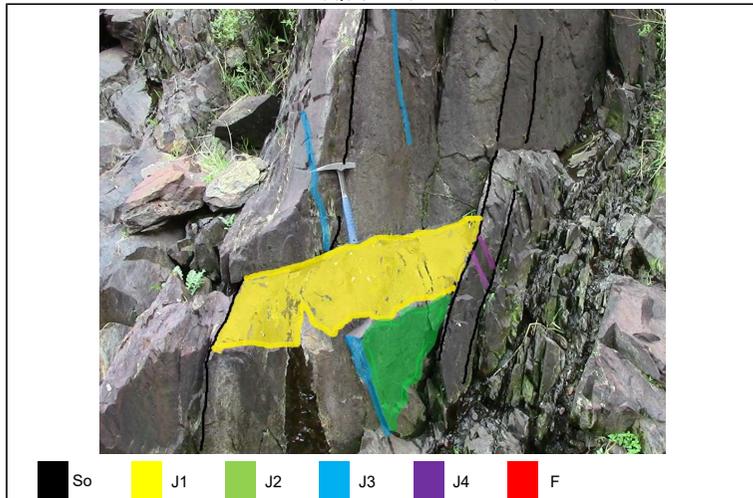
Imagen 58. Aspecto de la roca en un talud subvertical en la carretera de acceso a la galería de la margen izquierda de la presa, con las cañas bien marcadas de la voladura realizada

APÉNDICE 1. ESTACIONES GEOMECÁNICAS

REALIZADO POR	Joan Santamaria i Casanovas			FECHA	10/8/2022	LOCALIZACIÓN	Prov / T Muni	SALAMANCA	UTM	29 T	X	705.329	HOJA	1/3			
							Hoja/Plano	FUENTEGUINALDO			Y	4.479.866					
								550			Z						
TECTONICA REGIONAL	Flanco monoclinal invertido			ORIENTACIÓN LADERA	W - E	TAMAÑO AFLORAMIENTO	40 m			ORIGEN	natural		ANTIGÜEDAD				
MACIZO ROCOSO	TIPO DE ROCA	Sedimentaria algo metamórfica			DESCRIPCIÓN	Alter cm a dcm de areniscas medias gradadas a limolitas y lutitas cm						Fm / EDAD	PRECÁMBRICO				
	ESTRUCTURA	Masiva	Capas Estratificadas	X	Capas laminadas	X	Capas compuestas	X	BLOQUES	Irregulares	X	Regulares					
FRACTURACIÓN	RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25	VALOR		17	75							
		20	17	13	8	3											
GRADO DE METEORIZACIÓN MATRIZ ROCOSA (ISRM 1981)		I	II	III	IV	V	VI										
		SANA	ALGO METEORIZADA	METEORIZACION MEDIA	MUY METEORIZADA	COMPLETAMENTE METEORIZADA	SUELO RESIDUAL										
RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE MATRIZ ROCOSA (1 Mpa = 10 Kp/cm ²)	VALOR	EXTR. DURA	MUY DURA	DURA	MEDIA	BLANDA	MUY BLANDA	EXTR. BLANDA									
	5	MARTILLO RAYA	VARIOS GOLPES	MÁS DE 1 GOLPE	1 GOLPE MARTILLO	PUNTA MARTILLO	NAVAJA	UNA									
		> 2.500 kg/cm ²	2.500 - 1.000 kg/cm ²	1.000 - 500 kg/cm ²	500 - 250 kg/cm ²	250 - 50 kg/cm ²	50 - 10 kg/cm ²	< 10 kg/cm ²									
SEP. ENTRE DISCONTINUIDADES		>2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	<0,06 m	VALOR		10								
		20	15	10	8	5											
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m	VALOR		4								
		6	4	2	1	0											
	APERTURA	0 mm	< 0,10 mm	0,1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm	VALOR		4								
		6	5	4	1	0											
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave	VALOR		1								
	6	5	3	2	0												
RELLENOS	Ninguno	Duro (< 5 mm)	Duro (> 5 mm)	Blando (< 5 mm)	Blando (> 5 mm)	VALOR		6									
	6	4	2	2	0												
METEORIZACIÓN DISC.	Inalterada (I)	Ligeramente alterada (II)	Moderadamente alterada (III)	Muy alterada (IV)	Descompuesta (V-VI)	VALOR		5									
	6	5	3	1	0												
HIDROGEOLOGÍA	VALOR	15	COMPLETAMENTE SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO	CAUDAL ESTIM.									
		15	10	7	4	0											
ORIENTACIÓN DISCONTINUIDADES	Túneles	Excavación favor buzamiento	Buz 45° - 90°	0	Excavación contra buzamiento	Buz 45° - 90°	-5	Buz 20° - 45°	-10	Excavación paralela al eje	Buz 45° - 90°	-12	Buz 20° - 45°	-5	Buz 0° - 20°	-10	v
	Cimentaciones		Buz 20° - 45°	-2			-7		-15			-25		-7		-15	0
	Taludes			-5			-25		-50			-60		-25		-50	0
										TILT TEST		Jv (disc./m ³)		8			

CROQUIS AFLORAMIENTO

LOCALIZACIÓN



CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETRO	VALORACIÓN	RMR MODIFICADO
RCS	5	5
RQD (%)	17	17
SEPARACIÓN DISC. (m)	10	10
ESTADO DISCONTINUIDADES	Longitud	4
	Apertura	4
	Rugosidad	1
	Relleno	6
	Meteoriz.	5
Presencia de agua	15	15
RMR BÁSICO	67	67
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES		
	0	
CLASE	II BUENA	
100-81	I	80-61
	II	60-41
	III	40-21
	IV	<21
	V	

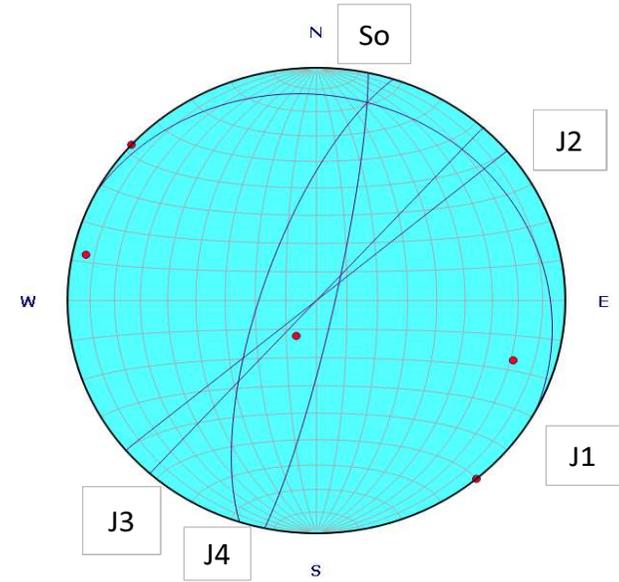
CLASIFICACIÓN Q

Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q
12	3	1	1	2	
= RQD/Jn x Jr/Ja x Jw/SRF					9,38
>0,01-0,1	0,1-1	1-4	4-10	10-40	40-100
Ex mala	M Mala	Mala	Media	Buena	M Buena
Ex Buena					
GSI	40	50	GSI	= RMR mod - 5	62

FOTO GENERAL / DETALLE DEL AFLORAMIENTO



ESTEREOGRAMA



Observaciones

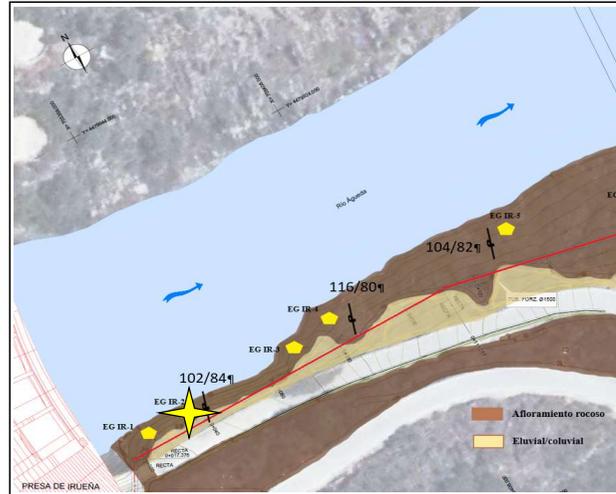
REALIZADO POR	Joan Santamaria i Casanovas			FECHA	10/8/2022	LOCALIZACIÓN	Prov / T Muni Hoja/Plano	SALAMANCA FUENTEGUINALDO 550	UTM	29 T	X Y Z	705.341 4.479.868	HOJA	1/3			
TECTONICA REGIONAL	Flanco monoclinal invertido		ORIENTACIÓN LADERA	W - E		TAMAÑO AFLORAMIENTO	40 m		ORIGEN	natural		ANTIGÜEDAD					
MACIZO ROCOSO	TIPO DE ROCA	Sedimentaria algo metamórfica			DESCRIPCIÓN	Alter cm a dcm de areniscas medias gradadas a limolitas y lutitas cm				Fm / EDAD	PRECÁMBRICO						
	ESTRUCTURA	Masiva	Capas Estratificadas	X	Capas laminadas	X	Capas compuestas	X	BLOQUES	Irregulares	X	Regulares					
FRACTURACIÓN	RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25	VALOR		17	80							
GRADO DE METEORIZACIÓN MATRIZ ROCOSA (ISRM 1981)		I	II	III	IV	V	VALOR		17	80							
RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE MATRIZ ROCOSA (1 Mpa = 10 Kp/cm ²)	VALOR	10	EXTR. DURA MARTILLO RAYA > 2.500 kg/cm ²	MUY DURA VARIOS GOLPES 2.500 - 1.000 kg/cm ²	DURA MAS DE 1 GOLPE 1.000 - 500 kg/cm ²	MEDIA 1 GOLPE MARTILLO 500 - 250 kg/cm ²	BLANDA PUNTA MARTILLO 250 - 50 kg/cm ²	MUY BLANDA NAVAJA 50 - 10 kg/cm ²	EXTR. BLANDA UNA < 10 kg/cm ²								
SEP. ENTRE DISCONTINUIDADES		>2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	<0,06 m	VALOR		10								
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m	VALOR		4								
	APERTURA	0 mm	< 0,10 mm	0,1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm	VALOR		4								
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave	VALOR		1								
	RELLENOS	Ninguno	Duro (< 5 mm)	Duro (> 5 mm)	Blando (< 5 mm)	Blando (> 5 mm)	VALOR		6								
	METEORIZACIÓN DISC.	Inalterada (I)	Ligeramente alterada (II)	Moderadamente alterada (III)	Muy alterada (IV)	Descompuesta (V-VI)	VALOR		5								
	HIDROGEOLOGÍA	VALOR	15	COMPLETAMENTE SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO	CAUDAL ESTIM.								
ORIENTACIÓN DISCONTINUIDADES	Túneles	Excavación favor buzamiento	Buz 45° - 90°	0	Excavación contra buzamiento	Buz 45° - 90°	-5	Buz 20° - 45°	-10	Excavación paralela al eje	Buz 45° - 90°	-12	Buz 20° - 45°	-5	Buz 0° - 20°	-10	v
	Cimentaciones		Buz 20° - 45°	-2		Buz 45° - 90°	-7	Buz 20° - 45°	-15		Buz 45° - 90°	-25	Buz 20° - 45°	-7	Buz 0° - 20°	-15	0
	Taludes			-5		Buz 45° - 90°	-25	Buz 20° - 45°	-50		Buz 45° - 90°	-60	Buz 20° - 45°	-25	Buz 0° - 20°	-50	0
										TILT TEST			Jv (disc./m ³)	12			

CROQUIS AFLORAMIENTO



So J1 J2 J3 J4 F

LOCALIZACIÓN



CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETRO	VALORACIÓN	RMR MODIFICADO
RCS	10	10
RQD (%)	17	17
SEPARACIÓN DISC. (m)	10	10
ESTADO DISCONTINUIDADES	Longitud	4
	Apertura	4
	Rugosidad	1
	Relleno	6
	Meteoriz.	5
Presencia de agua	15	15
RMR BÁSICO	72	72
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES		
0		
CLASE	II BUENA	
100-81	I	80-61
	II	60-41
	III	40-21
	IV	<21
	V	

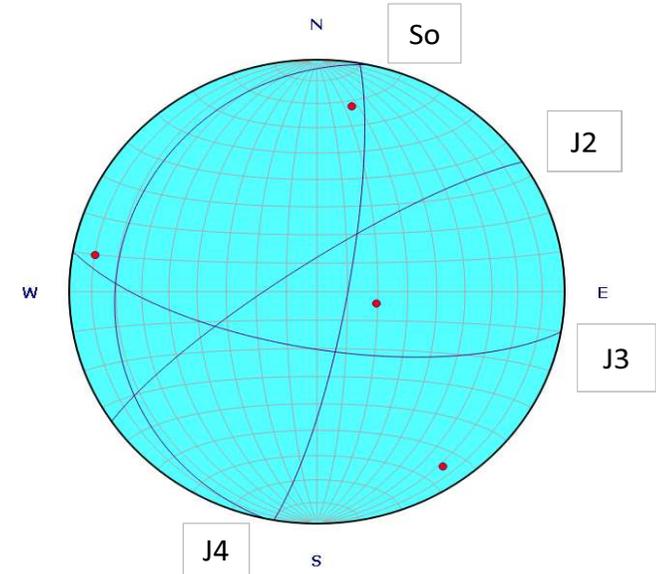
CLASIFICACIÓN Q

Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q
12	3	1	1	2	
Q = RQD/Jn x Jr/Ja x Jw/SRF					10,00
>0,01-0,1	0,1-1	1-4	4-10	10-40	40-100
Ex mala	M Mala	Mala	Media	Buena	M Buena
Ex Buena					
GSI	35	55	GSI	= RMR mod - 5	67

FOTO GENERAL / DETALLE DEL AFLORAMIENTO



ESTEREOGRAMA

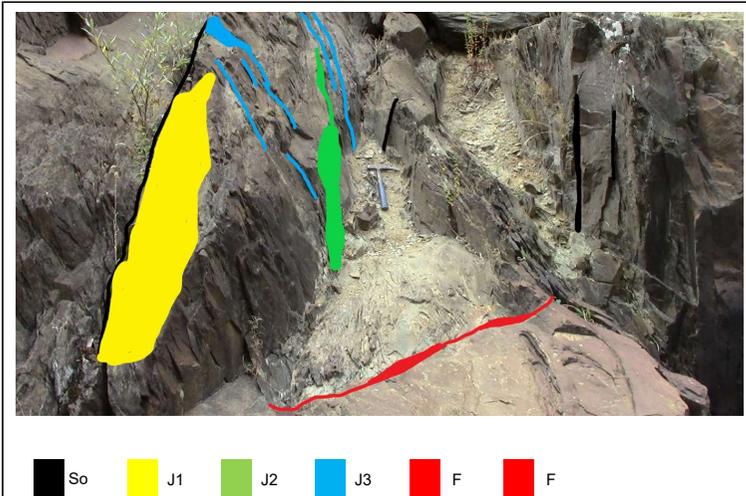


Observaciones

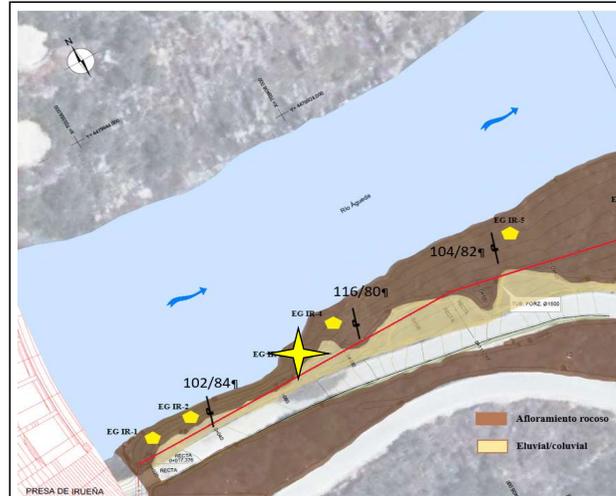
--

REALIZADO POR	Joan Santamaria i Casanovas			FECHA	10/8/2022	LOCALIZACIÓN	Prov / T Muni Hoja/Plano	SALAMANCA FUENTEGUINALDO 550	UTM	29T	X 705.381 Y 4.479.872 Z	HOJA	1/3
TECTONICA REGIONAL	Flanco monoclinal invertido		ORIENTACIÓN LADERA	W - E		TAMAÑO AFLORAMIENTO	40 m		ORIGEN	natural		ANTIGÜEDAD	
MACIZO ROCOSO	TIPO DE ROCA	Sedimentaria algo metamórfica			DESCRIPCIÓN	Alter dcm de areniscas y niveles desorganizados				Fm / EDAD	PRECÁMBRICO		
	ESTRUCTURA	Masiva	Capas Estratificadas	X	Capas laminadas	X	Capas compuestas	X	BLOQUES	Irregulares	X	Regulares	
FRACTURACIÓN	RQD (%)	90-100 20	75-90 17	50-75 13	25-50 8	<25 3	VALOR		13	75			
GRADO DE METEORIZACIÓN MATRIZ ROCOSA (ISRM 1981)		SANA		ALGO METEORIZADA	METEORIZACION MEDIA	MUY METEORIZADA	COMPLETAMENTE METEORIZADA	SUELO RESIDUAL					
RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE MATRIZ ROCOSA (1 Mpa = 10 Kp/cm²)	VALOR	6	EXTR. DURA MARTILLO RAYA > 2.500 kg/cm²	MUY DURA VARIOS GOLPES 2.500 - 1.000 kg/cm²	DURA MAS DE 1 GOLPE 1.000 - 500 kg/cm²	MEDIA 1 GOLPE MARTILLO 500 - 250 kg/cm²	BLANDA PUNTA MARTILLO 250 - 50 kg/cm²	MUY BLANDA NAVAJA 50 - 10 kg/cm²	EXTR. BLANDA UNA < 10 kg/cm²				
SEP. ENTRE DISCONTINUIDADES		>2 m 20	0,6-2 m 15	0,2-0,6 m 10	0,06-0,2 m 8	<0,06 m 5	VALOR		10				
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD	< 1 m 6	1 - 3 m 4	3 - 10 m 2	10 - 20 m 1	> 20 m 0	VALOR		4				
	APERTURA	0 mm 6	< 0, 10 mm 5	0,1 - 1 mm 4	1 - 5 mm 1	> 5 mm 0	VALOR		4				
	RUGOSIDAD	Muy rugosa 6	Rugosa 5	Ligeramente rugosa 3	Ondulada 6	Suave 0	VALOR		1				
	RELLENOS	Ninguno 6	Duro (< 5 mm) 4	Duro (> 5 mm) 2	Blando (< 5 mm) 2	Blando (> 5 mm) 0	VALOR		6				
	METEORIZACIÓN DISC.	Inalterada (I) 6	Ligeramente alterada (II) 5	Moderadamente alterada (III) 3	Muy alterada (IV) 1	Descompuesta (V-VI) 0	VALOR		3				
HIDROGEOLOGÍA	VALOR	15	COMPLETAMENTE SECO 15	LIGERAMENTE HUMEDO 10	HUMEDO 7	GOTEANDO 4	AGUA FLUYENDO 0	CAUDAL ESTIM.					
ORIENTACIÓN DISCONTINUIDADES	Túneles Cimentaciones Taludes	Excavación favor buzamiento	Buz 45° - 90° 0 Buz 20° - 45° -2 -5	Excavación contra buzamiento	Buz 45° - 90° -5 -7 -25	Buz 20° - 45° -10 -15 -50	Excavación paralela al eje	Buz 45° - 90° -12 -25 -60	Buz 20° - 45° -5 -7 -25	Buz 0° - 20° -10 -15 -50	v		
										TILT TEST	Jv (disc./m³)		8

CROQUIS AFLORAMIENTO



LOCALIZACIÓN



CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETRO	VALORACIÓN	RMR MODIFICADO
RCS	6	6
RQD (%)	13	13
SEPARACIÓN DISC. (m)	10	10
ESTADO DISCONTINUIDADES	Longitud	4
	Apertura	4
	Rugosidad	1
	Relleno	6
	Meteoriz.	3
Presencia de agua	15	15
RMR BÁSICO	62	62
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES		0
CLASE	II BUENA	62
100-81	I 80-61	II 60-41
	III 40-21	IV <21
	V	

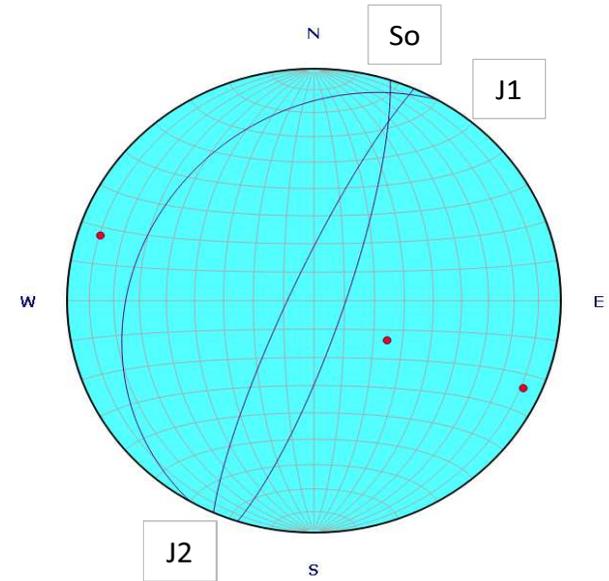
CLASIFICACIÓN Q

Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q
12	3	1	1	2	
Q = RQD/Jn x Jr/Ja x Jw/SRF					9,38
>0,01-0,1	0,1-1	1-4	4-10	10-40	40-100
Ex mala	M Mala	Mala	Media	Buena	M Buena
Ex Buena					
GSI	35	55	GSI	= RMR mod - 5	57

FOTO GENERAL / DETALLE DEL AFLORAMIENTO



ESTEREOGRAMA



Observaciones

--

PLANO		ESPACIADO (mm)						CONTINUIDAD (m) DIR/BUZ						APERTURA (mm)						RUGOSIDAD (m)						RELLENOS						SUSTRATO ROCOSO																																	
TIPO DE PLANO		DIR. BUZAMIENTO																								AGUA						RESISTENCIA						VALOR DE REBOTE DEL ESCERÓMETRO																											
		BUZAMIENTO																																				TIPO MARTILLO: L						OTROS																					
		< 20																																																															
		20 - 60																																																															
		60 - 200																																																															
		200 - 600																																																															
		600 - 2000																																																															
		2000 - 6000																																																															
		> 6000																																																															
		< 1																																																															
		1 - 3																																																															
		3 - 10																																																															
		10 - 20																																																															
		> 20																																																															
		< 0,1																																																															
		0,1 - 0,25																																																															
		0,25 - 0,50																																																															
		0,50 - 2,5																																																															
		2,5 - 10																																																															
		> 10																																																															
		10 - 100																																																															
		100 - 1000																																																															
		> 1000																																																															
		I RUGOSA																																																															
		II LISA																																																															
		III SLICKENSIDED																																																															
		IV RUGOSA																																																															
		V LISA																																																															
		VI SLICKENSIDED																																																															
		VII RUGOSA																																																															
		VIII LISA																																																															
		IX SLICKENSIDED																																																															
		JRC (10 cm)																																																															
		COMPOSICION																																																															
		ESPESOR (mm)																																																															
		SECO																																																															
		HUMEDO																																																															
		GOTEOS																																																															
		FLUJO																																																															
		1																																																															
		2																																																															
		3																																																															
		4																																																															
		5																																																															
		6																																																															
		7																																																															
		8																																																															
		9																																																															
		10																																																															

LEYENDA
A: arcilloso **Q:** cuarzo **O:** óxidos **J1, J2...:** juntas **S0:** estratificación
AR: arenoso **C:** calcita **E:** Especificar **S1, S2...:** lamin esquist **F1, F2...:** fallas

Clasificació Q
RQD: rock Quality desing **Jn:** nº de juntas **Jr:** rugosidad juntas
Ja: Grado de alteración **JW:** Presencia de agua **SRF:** Estado tensional

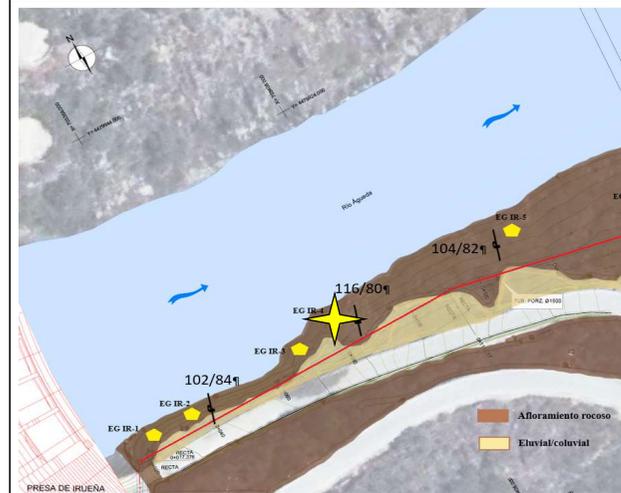
REALIZADO POR	Joan Santamaria i Casanovas			FECHA	10/8/2022	LOCALIZACIÓN	Prov / T Muni	SALAMANCA	UTM	29T	X	705.398	HOJA	1/3						
							Hoja/Plano	FUENTEGUINALDO			Y	4.479.878								
								550			Z									
TECTONICA REGIONAL	Flanco monoclinal invertido			ORIENTACIÓN LADERA	W - E	TAMAÑO AFLORAMIENTO	20 m			ORIGEN	natural		ANTIGÜEDAD							
MACIZO ROCOSO	TIPO DE ROCA	Sedimentaria algo metamórfica			DESCRIPCIÓN	Alter cm a dom areniscas medias gradadas a limolitas y lutitas cm						Fm / EDAD	PRECÁMBRICO							
	ESTRUCTURA	Masiva	Capas Estratificadas	X	Capas laminadas	X	Capas compuestas	X	BLOQUES	Irregulares		X	Regulares							
FRACTURACIÓN	RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25	VALOR		17	90										
		20	17	13	8	3														
GRADO DE METEORIZACIÓN MATRIZ ROCOSA (ISRM 1981)		SANA		ALGO METEORIZADA		METEORIZACION MEDIA		MUY METEORIZADA		COMPLETAMENTE METEORIZADA		SUELO RESIDUAL								
		I		II		III		IV		V		VI								
RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE MATRIZ ROCOSA (1 Mpa = 10 Kp/cm ²)	VALOR	EXTR. DURA		MUY DURA		DURA		MEDIA		BLANDA		MUY BLANDA		EXTR. BLANDA						
	10	MARTILLO RAYA		VARIOS GOLPES		MAS DE 1 GOLPE		1 GOLPE MARTILLO		PUNTA MARTILLO		NAVAJA		UNA						
		> 2.500 kg/cm ²		2.500 - 1.000 kg/cm ²		1.000 - 500 kg/cm ²		500 - 250 kg/cm ²		250 - 50 kg/cm ²		50 - 10 kg/cm ²		< 10 kg/cm ²						
		15		12		7		4		2		1		0						
SEP. ENTRE DISCONTINUIDADES		>2 m		0,6-2 m		0,2-0,6 m		0,06-0,2 m		<0,06 m		VALOR		10						
		20		15		10		8		5										
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD	< 1 m		1 - 3 m		3 - 10 m		10 - 20 m		> 20 m				4						
		6		4		2		1		0										
	APERTURA	0 mm		< 0,10 mm		0,1 - 1 mm		1 - 5 mm		> 5 mm				4						
		6		5		4		1		0										
	RUGOSIDAD	Muy rugosa		Rugosa		Ligeramente rugosa		Ondulada		Suave				1						
		6		5		3		2		0										
RELLENOS	Ninguno		Duro (< 5 mm)		Duro (> 5 mm)		Blando (< 5 mm)		Blando (> 5 mm)				6							
	6		4		2		2		0											
METEORIZACIÓN DISC.	Inalterada (I)		Ligeramente alterada (II)		Moderadamente alterada (III)		Muy alterada (IV)		Descompuesta (V-VI)				5							
	6		5		3		1		0											
HIDROGEOLOGÍA	VALOR	15		COMPLETAMENTE SECO		LIGERAMENTE HUMEDO		HUMEDO		GOTEANDO		AGUA FLUYENDO		CAUDAL ESTIM.						
		15		10		7		4		0										
ORIENTACIÓN DISCONTINUIDADES	Túneles	Excavación favor buzamiento		Buz 45° - 90°	0	Excavación contra buzamiento		Buz 45° - 90°	-5	Buz 20° - 45°	-10	Excavación paralela al eje		Buz 45° - 90°	-12	Buz 20° - 45°	-5	Buz 0° - 20°	-10	v
	Cimentaciones			Buz 20° - 45°	-2				-7		-15				-25		-7		-15	0
	Taludes				-5				-25		-50				-60		-25		-50	0
										TILT TEST		Jv (disc./m ³)		6						

CROQUIS AFLORAMIENTO



So J1 J2 J3 F F

LOCALIZACIÓN



CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETRO	VALORACIÓN	RMR MODIFICADO							
RCS	10	10							
RQD (%)	17	17							
SEPARACIÓN DISC. (m)	10	10							
ESTADO DISCONTINUIDADES	Longitud	4							
	Apertura	4							
	Rugosidad	1							
	Relleno	6							
	Meteoriz.	5							
	Presencia de agua	15							
RMR BÁSICO	72	72							
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES			0						
CLASE	II BUENA								
100-81	I	80-61	II	60-41	III	40-21	IV	<21	V

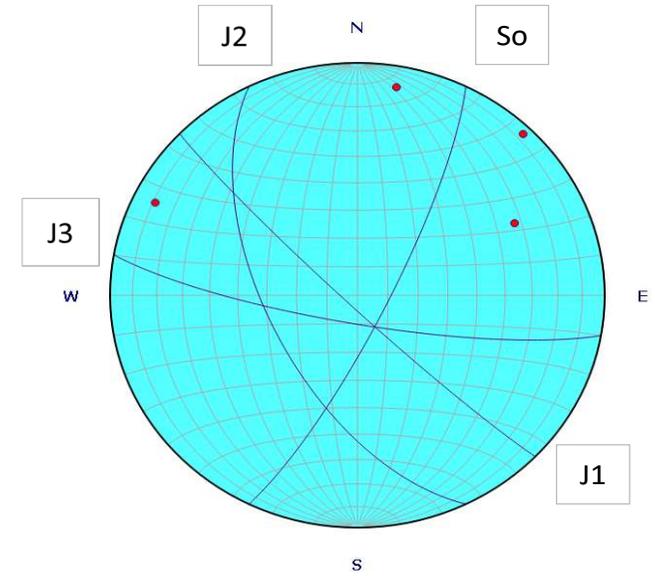
CLASIFICACIÓN Q

Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q		
12	3	1	1	2			
= RQD/Jn x Jr/Ja x Jw/SRF					11,25		
>0,01-0,1	0,1-1	1-4	4-10	10-40	40-100	100-400	Bu
Ex mala	M Mala	Mala	Media	Buena	M Buena	Ex Buena	
GSI	35	55	GSI	= RMR mod - 5		67	

FOTO GENERAL / DETALLE DEL AFLORAMIENTO



ESTEREOGRAMA

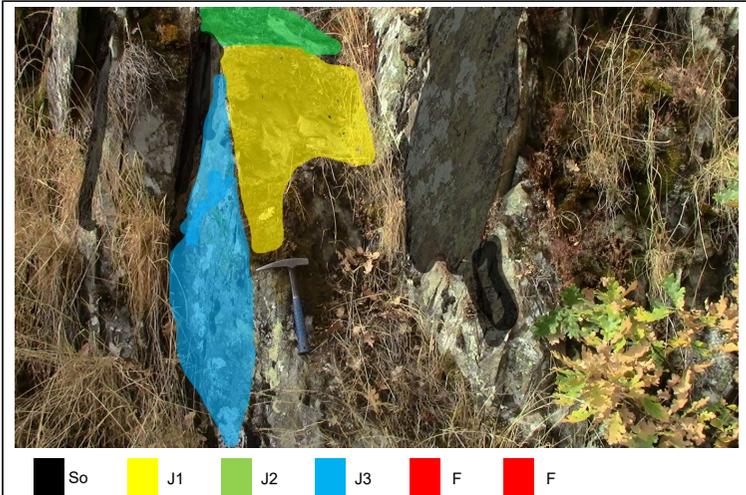


Observaciones

--

REALIZADO POR	Joan Santamaria i Casanovas			FECHA	10/8/2022	LOCALIZACIÓN	Prov / T Muni SALAMANCA FuenteGUINALDO	UTM	20T	X 705.444 Y 4.479.855 Z	HOJA	1/3					
TECTONICA REGIONAL	Flanco monoclinal invertido		ORIENTACIÓN LADERA	W - E		TAMAÑO AFLORAMIENTO	5 m		ORIGEN	natural		ANTIGÜEDAD					
MACIZO ROCOSO	TIPO DE ROCA	Sedimentaria algo metamórfica			DESCRIPCIÓN	Alter cm a dom areniscas medias gradadas a limolitas y lutitas cm			Fm / EDAD	PRECÁMBRICO							
	ESTRUCTURA	Masiva	Capas Estratificadas	X	Capas laminadas	X	Capas compuestas	X	BLOQUES	Irregulares	X	Regulares					
FRACTURACIÓN	RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25	VALOR		17	90							
GRADO DE METEORIZACIÓN MATRIZ ROCOSA (ISRM 1981)		I	II	III	IV	V	VI										
RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE MATRIZ ROCOSA (1 Mpa = 10 Kp/cm²)	VALOR	EXTR. DURA MARTILLO RAYA > 2.500 kg/cm²	MUY DURA VARIOS GOLPES 2.500 - 1.000 kg/cm²	DURA MAS DE 1 GOLPE 1.000 - 500 kg/cm²	MEDIA 1 GOLPE MARTILLO 500 - 250 kg/cm²	BLANDA PUNTA MARTILLO 250 - 50 kg/cm²	MUY BLANDA NAVAJA 50 - 10 kg/cm²	EXTR. BLANDA UNA < 10 kg/cm²									
SEPARACIÓN ENTRE DISCONTINUIDADES		>2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	<0,06 m	VALOR		10								
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m	VALOR		4								
	APERTURA	0 mm	< 0,10 mm	0,1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm	VALOR		4								
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave	VALOR		3								
	RELLENOS	Ninguno	Duro (< 5 mm)	Duro (> 5 mm)	Blando (< 5 mm)	Blando (> 5 mm)	VALOR		6								
	METEORIZACIÓN DISC.	Inalterada (I)	Ligeramente alterada (II)	Moderadamente alterada (III)	Muy alterada (IV)	Descompuesta (V-VI)	VALOR		5								
	HIDROGEOLOGÍA	VALOR	15	COMPLETAMENTE SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO	CAUDAL ESTIM.								
ORIENTACIÓN DISCONTINUIDADES	Túneles	Excavación favor buzamiento	Buz 45° - 90°	0	Excavación contra buzamiento	Buz 45° - 90°	-5	Buz 20° - 45°	-10	Excavación paralela al eje	Buz 45° - 90°	-12	Buz 20° - 45°	-5	Buz 0° - 20°	-10	v
	Cimentaciones		Buz 20° - 45°	-2		Buz 45° - 90°	-7	Buz 20° - 45°	-15		Buz 45° - 90°	-25	Buz 20° - 45°	-7	Buz 0° - 20°	-15	0
	Taludes		Buz 20° - 45°	-5		Buz 45° - 90°	-25	Buz 20° - 45°	-50		Buz 45° - 90°	-60	Buz 20° - 45°	-25	Buz 0° - 20°	-50	0
										TILT TEST	Jv (disc./m³)		4				

CROQUIS AFLORAMIENTO



LOCALIZACIÓN



CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETRO	VALORACIÓN	RMR MODIFICADO
RCS	7	7
RQD (%)	17	17
SEPARACIÓN DISC. (m)	10	10
ESTADO DISCONTINUIDADES	Longitud	4
	Apertura	4
	Rugosidad	3
	Relleno	6
	Meteoriz.	5
Presencia de agua	15	15
RMR BÁSICO	71	71
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES		0
CLASE	II BUENA	
100-81	I	80-61
	II	60-41
	III	40-21
	IV	<21
	V	

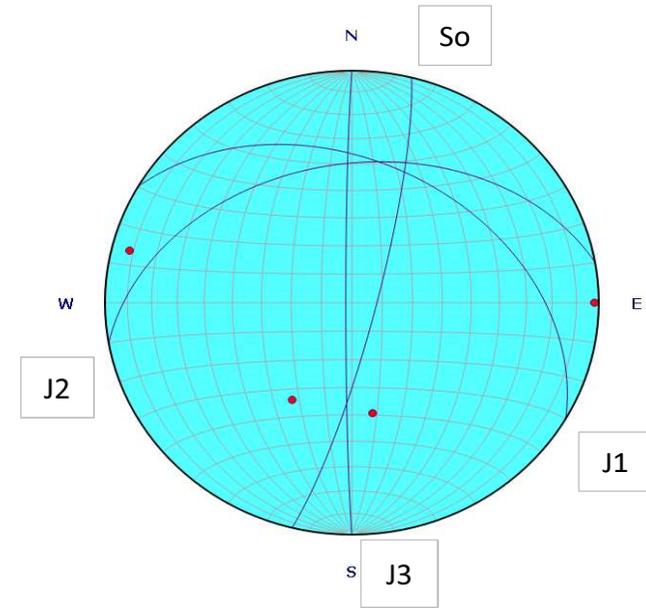
CLASIFICACIÓN Q

Jn	12	Jr	3	Ja	1	Jw	1	SRF	2
Q	= RQD/Jn x Jr/Ja x Jw/SRF								11,25
>0,01-0,1	0,1-1	1-4	4-10	10-40	40-100	100-400	Bu		
Ex mala	M Mala	Mala	Media	Buena	M Buena	Ex Buena			
GSI	35	55	GSI	= RMR mod - 5		66			

FOTO GENERAL / DETALLE DEL AFLORAMIENTO



ESTEREOGRAMA



Observaciones

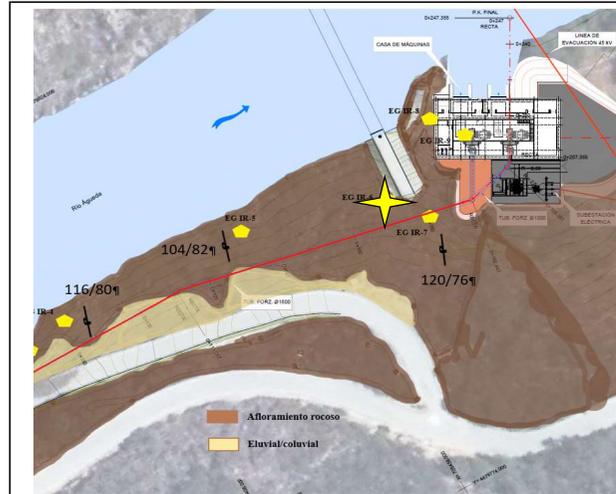
REALIZADO POR	Joan Santamaria i Casanovas			FECHA	10/8/2022	LOCALIZACIÓN	Prov / T Muni SALAMANCA FuenteGUINALDO	UTM	29T	X 705.483 Y 4.479.856 Z	HOJA	1/3	
TECTONICA REGIONAL	Flanco monoclinal invertido		ORIENTACIÓN LADERA	W - E		TAMAÑO AFLORAMIENTO	4 m		ORIGEN	Antrópico		ANTIGÜEDAD	20 años
MACIZO ROCOSO	TIPO DE ROCA	Sedimentaria algo metamórfica			DESCRIPCIÓN	Alter cm a dom areniscas medias gradadas a limolitas y lutitas cm			Fm / EDAD	PRECÁMBRICO			
	ESTRUCTURA	Masiva	Capas Estratificadas	X	Capas laminadas	X	Capas compuestas	X	BLOQUES	Irregulares	X	Regulares	
FRACTURACIÓN	RQD (%)	90-100 20	75-90 17	50-75 13	25-50 8	<25 3	VALOR		20	95			
GRADO DE METEORIZACIÓN MATRIZ ROCOSA (ISRM 1981)		I SANA		II ALGO METEORIZADA		III METEORIZACION MEDIA		IV MUY METEORIZADA		V COMPLETAMENTE METEORIZADA		VI SUELO RESIDUAL	
RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE MATRIZ ROCOSA (1 Mpa = 10 Kp/cm ²)	VALOR	EXTR. DURA MARTILLO RAYA > 2.500 kg/cm ² 15	MUY DURA VARIOS GOLPES 2.500 - 1.000 kg/cm ² 12	DURA MÁS DE 1 GOLPE 1.000 - 500 kg/cm ² 7	MEDIA 1 GOLPE MARTILLO 500 - 250 kg/cm ² 4	BLANDA PUNTA MARTILLO 250 - 50 kg/cm ² 2	MUY BLANDA NAVAJA 50 - 10 kg/cm ² 1	EXTR. BLANDA UNA < 10 kg/cm ² 0					
SEP. ENTRE DISCONTINUIDADES		>2 m 20	0,6-2 m 15	0,2-0,6 m 10	0,06-0,2 m 8	<0,06 m 5	VALOR		10				
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD	< 1 m 6	1 - 3 m 4	3 - 10 m 2	10 - 20 m 1	> 20 m 0	VALOR		4				
	APERTURA	0 mm 6	< 0, 10 mm 5	0,1 - 1 mm 4	1 - 5 mm 1	> 5 mm 0	VALOR		4				
	RUGOSIDAD	Muy rugosa 6	Rugosa 5	Ligeramente rugosa 3	Ondulada 1	Suave 0	VALOR		3				
	RELLENOS	Ninguno 6	Duro (< 5 mm) 4	Duro (> 5 mm) 2	Blando (< 5 mm) 2	Blando (> 5 mm) 0	VALOR		6				
	METEORIZACIÓN DISC.	Inalterada (I) 6	Ligeramente alterada (II) 5	Moderadamente alterada (III) 3	Muy alterada (IV) 1	Descompuesta (V-VI) 0	VALOR		5				
HIDROGEOLOGÍA	VALOR	15	COMPLETAMENTE SECO 15	LIGERAMENTE HUMEDO 10	HUMEDO 7	GOTEANDO 4	AGUA FLUYENDO 0	CAUDAL ESTIM.					
ORIENTACIÓN DISCONTINUIDADES	Túneles	Excavación favor buzamiento	Buz 45° - 90° 0	Excavación contra buzamiento	Buz 45° - 90° -5	Buz 20° - 45° -10	Excavación paralela al eje	Buz 45° - 90° -12	Buz 20° - 45° -5	Buz 0° - 20° -10	v		
	Cimentaciones		Buz 20° - 45° -2		Buz 45° - 90° -7	Buz 20° - 45° -15		Buz 45° - 90° -25	Buz 20° - 45° -7	Buz 0° - 20° -15	0		
	Taludes		-5		Buz 45° - 90° -25	Buz 20° - 45° -50		Buz 45° - 90° -60	Buz 20° - 45° -25	Buz 0° - 20° -50	0		
										TILT TEST	Jv (disc./m ³)	6	

CROQUIS AFLORAMIENTO



So J1 J2 J3 J4 F

LOCALIZACIÓN



CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETRO	VALORACIÓN	RMR MODIFICADO	
RCS	10	10	
RQD (%)	20	20	
SEPARACIÓN DISC. (m)	10	10	
ESTADO DISCONTINUIDADES	Longitud	4	
	Apertura	4	
	Rugosidad	3	
	Relleno	6	
	Meteoriz.	5	
Presencia de agua	15	15	
RMR BÁSICO	77	77	
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES			0
CLASE	II BUENA		77
100-81	I	80-61	II
	60-41	III	40-21
	IV	<21	V

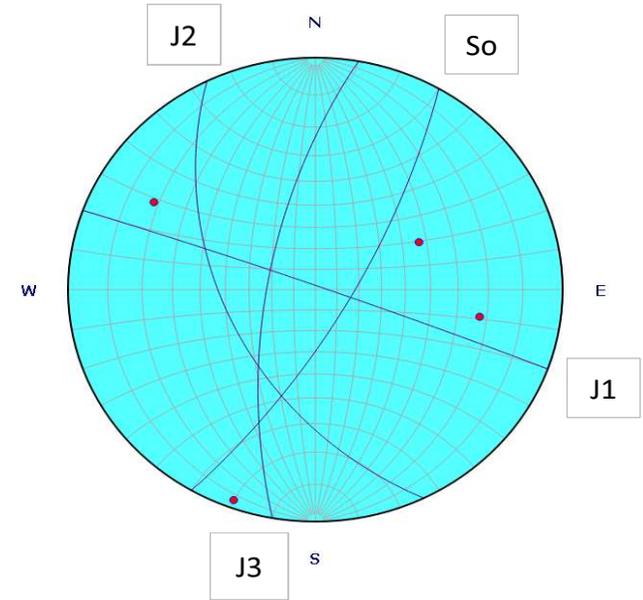
CLASIFICACIÓN Q

Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q
12	3	1	1	2	
Q = RQD/Jn x Jr/Ja x Jw/SRF					11,88
>0,01-0,1	0,1-1	1-4	4-10	10-40	40-100
Ex mala	M Mala	Mala	Media	Buena	M Buena
Ex Buena					
GSI	35	55	GSI	= RMR mod - 5	72

FOTO GENERAL / DETALLE DEL AFLORAMIENTO



ESTEREOGRAMA



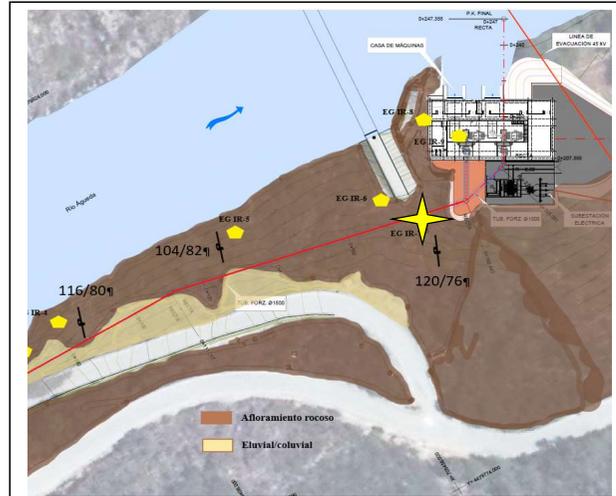
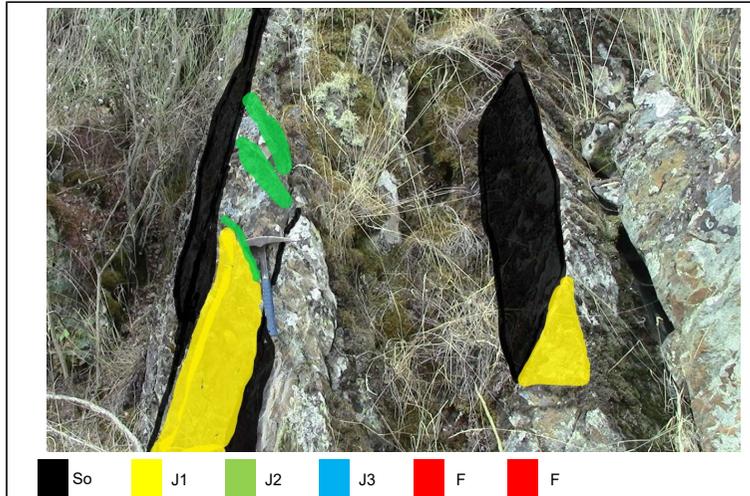
Observaciones

--	--

REALIZADO POR	Joan Santamaria i Casanovas			FECHA	10/8/2022	LOCALIZACIÓN	Prov / T Muni Hoja/Plano	SALAMANCA FUENTEGUINALDO 550	UTM	20T	X 705.487 Y 4.479.845 Z	HOJA	1/3
TECTONICA REGIONAL	Flanco monoclin al invertido		ORIENTACIÓN LADERA	W - E		TAMAÑO AFLORAMIENTO	3 m		ORIGEN	natural		ANTIGÜEDAD	
MACIZO ROCOSO	TIPO DE ROCA	Sedimentaria algo metamórfica			DESCRIPCIÓN	Alter cm a dom areniscas medias gradadas a limolitas y lutitas cm			Fm / EDAD	PRECÁMBRICO			
	ESTRUCTURA	Masiva	Capas Estratificadas	X	Capas laminadas	X	Capas compuestas	X	BLOQUES	Irregulares	X	Regulares	
FRACTURACIÓN	RQD (%)	90-100 20	75-90 17	50-75 13	25-50 8	<25 3	VALOR		13	60			
GRADO DE METEORIZACIÓN MATRIZ ROCOSA (ISRM 1981)		SANA		ALGO METEORIZADA	METEORIZACION MEDIA	MUY METEORIZADA	COMPLETAMENTE METEORIZADA	SUELO RESIDUAL					
RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE MATRIZ ROCOSA (1 Mpa = 10 Kp/cm²)	VALOR	EXTR. DURA MARTILLO RAYA > 2.500 kg/cm²	MUY DURA VARIOS GOLPES 2.500 - 1.000 kg/cm²	DURA MAS DE 1 GOLPE 1.000 - 500 kg/cm²	MEDIA 1 GOLPE MARTILLO 500 - 250 kg/cm²	BLANDA PUNTA MARTILLO 250 - 50 kg/cm²	MUY BLANDA NAVAJA 50 - 10 kg/cm²	EXTR. BLANDA UNA < 10 kg/cm²					
SEP. ENTRE DISCONTINUIDADES		>2 m 20	0,6-2 m 15	0,2-0,6 m 10	0,06-0,2 m 8	<0,06 m 5	VALOR		10				
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD	< 1 m 6	1 - 3 m 4	3 - 10 m 2	10 - 20 m 1	> 20 m 0	VALOR		4				
	APERTURA	0 mm 6	< 0, 10 mm 5	0,1 - 1 mm 4	1 - 5 mm 1	> 5 mm 0	VALOR		4				
	RUGOSIDAD	Muy rugosa 6	Rugosa 5	Ligeramente rugosa 3	Ondulada 1	Suave 0	VALOR		5				
	RELLENOS	Ninguno 6	Duro (< 5 mm) 4	Duro (> 5 mm) 2	Blando (< 5 mm) 2	Blando (> 5 mm) 0	VALOR		6				
	METEORIZACIÓN DISC.	Inalterada (I) 6	Ligeramente alterada (II) 5	Moderadamente alterada (III) 3	Muy alterada (IV) 1	Descompuesta (V-VI) 0	VALOR		3				
HIDROGEOLOGÍA	VALOR	15	COMPLETAMENTE SECO 15	LIGERAMENTE HUMEDO 10	HUMEDO 7	GOTEANDO 4	AGUA FLUYENDO 0	CAUDAL ESTIM.					
ORIENTACIÓN DISCONTINUIDADES	Túneles	Excavación favor buzamiento	Buz 45° - 90° 0	Excavación contra buzamiento	Buz 45° - 90° -5	Buz 20° - 45° -10	Excavación paralela al eje	Buz 45° - 90° -12	Buz 20° - 45° -5	Buz 0° - 20° -10	v		
	Cimentaciones		Buz 20° - 45° -2		Buz 45° - 90° -7	Buz 20° - 45° -15		Buz 45° - 90° -25	Buz 20° - 45° -7	Buz 0° - 20° -15	0		
	Taludes		Buz 20° - 45° -5		Buz 45° - 90° -25	Buz 20° - 45° -50		Buz 45° - 90° -60	Buz 20° - 45° -25	Buz 0° - 20° -50	0		
									TILT TEST			Jv (disc./m³)	10

CROQUIS AFLORAMIENTO

LOCALIZACIÓN



CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETRO	VALORACIÓN	RMR MODIFICADO
RCS	5	5
RQD (%)	13	13
SEPARACIÓN DISC. (m)	10	10
ESTADO DISCONTINUIDADES	Longitud	4
	Apertura	4
	Rugosidad	5
	Relleno	6
	Meteoriz.	3
Presencia de agua	15	15
RMR BÁSICO	65	65
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES		
	0	
CLASE	II BUENA	
100-81	I	80-61
	II	60-41
	III	40-21
	IV	<21
	V	

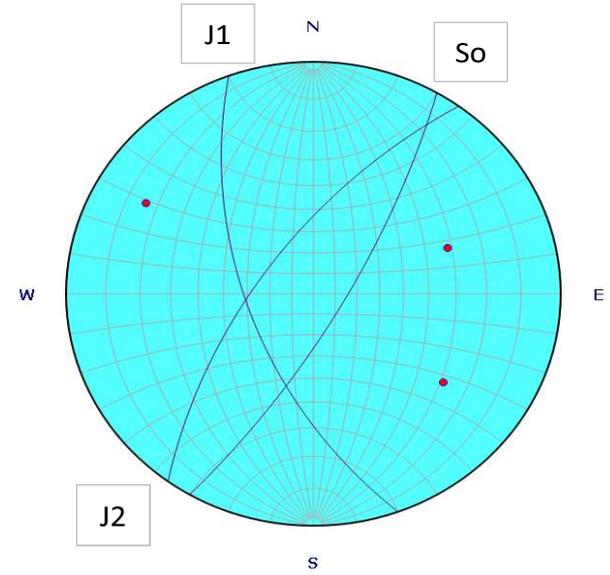
CLASIFICACIÓN Q

Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q
12	3	1	1	2	
Q = RQD/Jn x Jr/Ja x Jw/SRF					7,50
>0,01-0,1	0,1-1	1-4	4-10	10-40	40-100
Ex mala	M Mala	Mala	Media	Buena	M Buena
Ex Buena					
GSI	35	55	GSI	= RMR mod - 5	60

FOTO GENERAL / DETALLE DEL AFLORAMIENTO



ESTEREOGRAMA



Observaciones

--

PLANO	ESPACIADO (mm)							CONTINUIDAD (m) DIR/BUZ				APERTURA (mm)					RUGOSIDAD (m)					RELLENOS						SUSTRATO ROCOSO																								
	TIPO DE PLANO	DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	EX. JUNTAS	MUY JUNTAS	JUNTAS	MOD. JUNTAS	SEPARADAS	MUY SEPARADAS	EX. SEPARADAS	MUY BAJA	BAJA	MODERADA	ALTA	MUY ALTA	MUY CERRADA	CERRADA	PARC. ABIERTA	ABIERTA	MOD. ABIERTA	ANCHA	MUY ANCHA	EX. ANCHA	CAVERNOSA	ESCALONADA	ONDULADA	PLANA	JRC (10 cm)	COMPOSICION	ESPESOR (mm)	SECO	HUMEDO	GOTEOS	FLUJO	MUY BLANDO	BLANDO	CONSISTENTE	MUY CONSISTENTE	DURO	MUY DURO	VALOR DE REBOTE DEL ESCERÓMETRO	TIPO MARTILLO: L	OTROS									
So	120	76		X							X						X										8							1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
So	124	74		X							X						X										8																									
J1	250	60	X								X						X										12																									
J1	252	66		X													X										8																									
J2	306	66	X								X						X										10																									

LEYENDA

Tipo de relleno			Tipo de plano				Clasificació Q												
A: arcilloso	Q: cuarzo	O: óxidos	J1, J2...: juntas	S0: estratificación	RQD: rock Quality desing Jn: nº de juntas Jr: rugosidad juntas														
AR: arenoso	C: calcita	E: Especificar	S1, S2...: lamin esquist	F1, F2...: fallas	Ja: Grado de alteración JW: Presencia de agua SRF: Estado tensional														

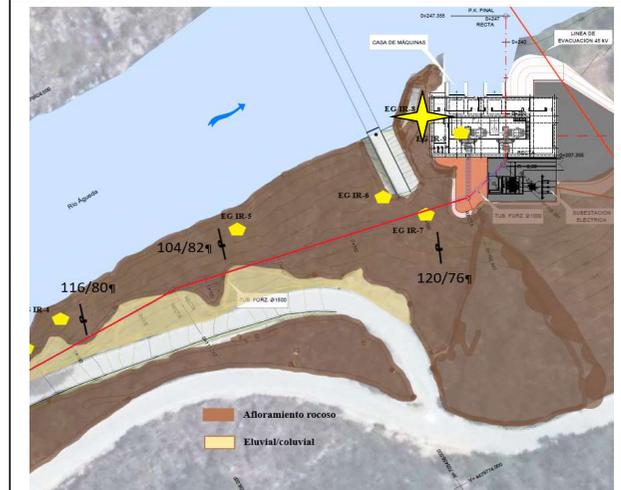
REALIZADO POR	Joan Santamaria i Casanovas			FECHA	10/8/2022	LOCALIZACIÓN	Prov / T Muni SALAMANCA FuenteGUINALDO 550	UTM	29T	X 705.503 Y 4.479.877 Z	HOJA	1/3	
TECTONICA REGIONAL	Flanco monoclinal invertido		ORIENTACIÓN LADERA	W - E		TAMAÑO AFLORAMIENTO	15 m		ORIGEN	natural		ANTIGÜEDAD	
MACIZO ROCOSO	TIPO DE ROCA	Sedimentaria algo metamórfica			DESCRIPCIÓN	Alter cm a dom areniscas medias gradadas a limolitas y lutitas cm			Fm / EDAD	PRECÁMBRICO			
	ESTRUCTURA	Masiva	Capas Estratificadas	X	Capas laminadas	X	Capas compuestas	X	BLOQUES	Irregulares	X	Regulares	
FRACTURACIÓN	RQD (%)	90-100 20	75-90 17	50-75 13	25-50 8	<25 3	VALOR		20	100			
GRADO DE METEORIZACIÓN MATRIZ ROCOSA (ISRM 1981)		SANA		ALGO METEORIZADA	METEORIZACION MEDIA	MUY METEORIZADA	COMPLETAMENTE METEORIZADA	SUELO RESIDUAL					
RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE MATRIZ ROCOSA (1 Mpa = 10 Kp/cm²)	VALOR	EXTR. DURA MARTILLO RAYA > 2.500 kg/cm² 15	MUY DURA VARIOS GOLPES 2.500 - 1.000 kg/cm² 12	DURA MAS DE 1 GOLPE 1.000 - 500 kg/cm² 7	MEDIA 1 GOLPE MARTILLO 500 - 250 kg/cm² 4	BLANDA PUNTA MARTILLO 250 - 50 kg/cm² 2	MUY BLANDA NAVAJA 50 - 10 kg/cm² 1	EXTR. BLANDA UNA < 10 kg/cm² 0					
SEP. ENTRE DISCONTINUIDADES		>2 m 20	0,6-2 m 15	0,2-0,6 m 10	0,06-0,2 m 8	<0,06 m 5	VALOR		10				
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD	< 1 m 6	1 - 3 m 4	3 - 10 m 2	10 - 20 m 1	> 20 m 0	VALOR		4				
	APERTURA	0 mm 6	< 0,10 mm 5	0,1 - 1 mm 4	1 - 5 mm 1	> 5 mm 0	VALOR		4				
	RUGOSIDAD	Muy rugosa 6	Rugosa 5	Ligeramente rugosa 3	Ondulada 1	Suave 0	VALOR		3				
	RELLENOS	Ninguno 6	Duro (< 5 mm) 4	Duro (> 5 mm) 2	Blando (< 5 mm) 2	Blando (> 5 mm) 0	VALOR		6				
	METEORIZACIÓN DISC.	Inalterada (I) 6	Ligeramente alterada (II) 5	Moderadamente alterada (III) 3	Muy alterada (IV) 1	Descompuesta (V-VI) 0	VALOR		5				
HIDROGEOLOGÍA	VALOR	15	COMPLETAMENTE SECO 15	LIGERAMENTE HUMEDO 10	HUMEDO 7	GOTEANDO 4	AGUA FLUYENDO 0	CAUDAL ESTIM.					
ORIENTACIÓN DISCONTINUIDADES	Túneles Cimentaciones Taludes	Excavación favor buzamiento	Buz 45° - 90° 0 Buz 20° - 45° -2 -5	Excavación contra buzamiento	Buz 45° - 90° -5 -7 -25	Buz 20° - 45° -10 -15 -50	Excavación paralela al eje	Buz 45° - 90° -12 -25 -60	Buz 20° - 45° -5 -7 -25	Buz 0° - 20° -10 -15 -50	v 0		
									TILT TEST	Jv (disc./m³)		6	

CROQUIS AFLORAMIENTO



So J1 J2 J3 J4 F

LOCALIZACIÓN



CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETRO	VALORACIÓN	RMR MODIFICADO							
RCS	10	10							
RQD (%)	20	20							
SEPARACIÓN DISC. (m)	10	10							
ESTADO DISCONTINUIDADES	Longitud	4							
	Apertura	4							
	Rugosidad	3							
	Relleno	6							
	Meteoriz.	5							
Presencia de agua	15	15							
RMR BÁSICO	77	77							
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES			0						
CLASE	II BUENA								
100-81	I	80-61	II	60-41	III	40-21	IV	<21	V

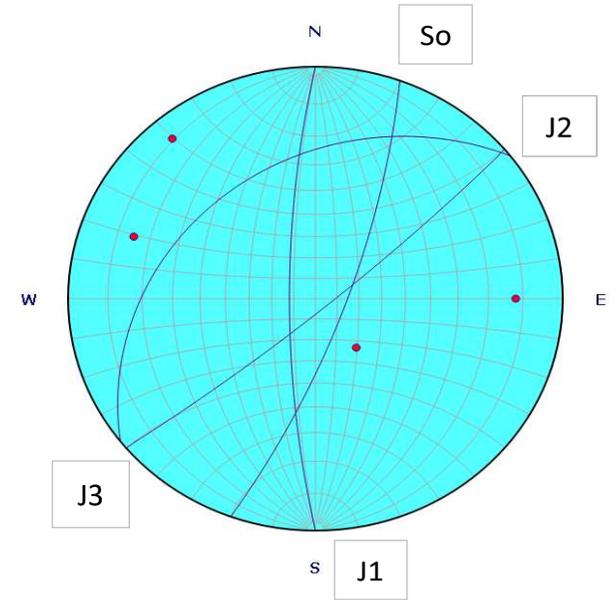
CLASIFICACIÓN Q

Jn	12	Jr	3	Ja	1	Jw	1	SRF	2
Q	= RQD/Jn x Jr/Ja x Jw/SRF								12,50
>0,01-0,1	0,1-1	1-4	4-10	10-40	40-100	100-400	Bu		
Ex mala	M Mala	Mala	Media	Buena	M Buena	Ex Buena			
GSI	35	55	GSI	= RMR mod - 5		72			

FOTO GENERAL / DETALLE DEL AFLORAMIENTO



ESTEREOGRAMA



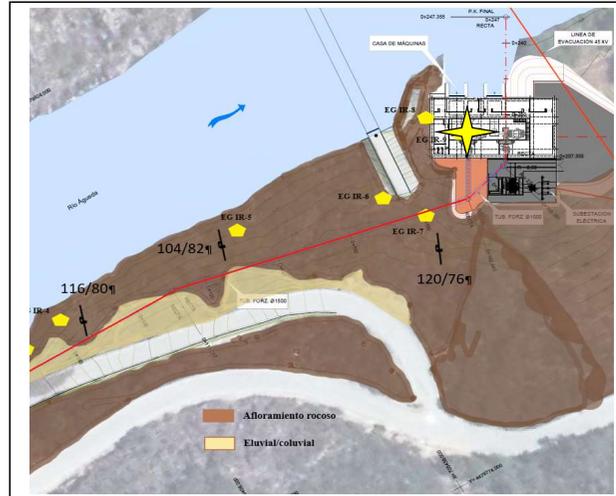
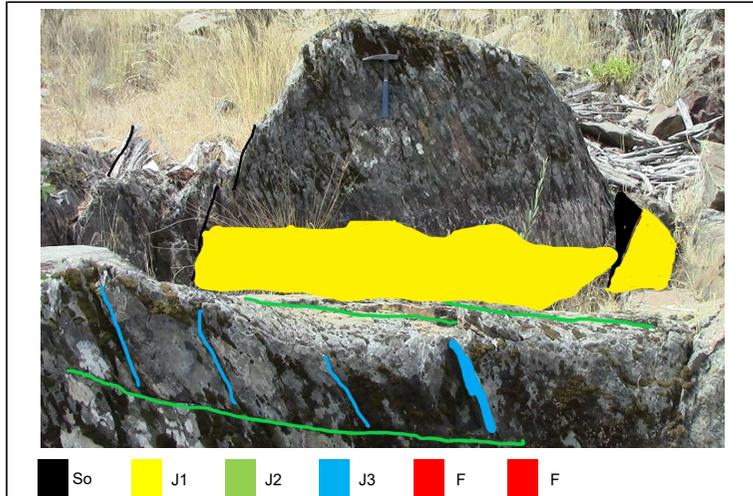
Observaciones

--

REALIZADO POR	Joan Santamaria i Casanovas			FECHA	10/8/2022	LOCALIZACIÓN	Prov / T Muni SALAMANCA FuenteGUINALDO	UTM	29T	X 705.507 Y 4.479.869 Z	HOJA	1/3					
TECTONICA REGIONAL	Flanco monoclinal invertido		ORIENTACIÓN LADERA	W - E		TAMAÑO AFLORAMIENTO	3 m		ORIGEN	natural		ANTIGÜEDAD					
MACIZO ROCOSO	TIPO DE ROCA	Sedimentaria algo metamórfica			DESCRIPCIÓN	Alter cm a dom areniscas medias gradadas a limolitas y lutitas cm			Fm / EDAD	PRECÁMBRICO							
	ESTRUCTURA	Masiva	Capas Estratificadas	X	Capas laminadas	X	Capas compuestas	X	BLOQUES	Irregulares	X	Regulares					
FRACTURACIÓN	RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25	VALOR		17	90							
GRADO DE METEORIZACIÓN MATRIZ ROCOSA (ISRM 1981)		I	II	III	IV	V	VALOR		17	90							
RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE MATRIZ ROCOSA (1 Mpa = 10 Kp/cm²)	VALOR	7	EXTR. DURA MARTILLO RAYA > 2.500 kg/cm²	MUY DURA VARIOS GOLPES 2.500 - 1.000 kg/cm²	DURA MAS DE 1 GOLPE 1.000 - 500 kg/cm²	MEDIA 1 GOLPE MARTILLO 500 - 250 kg/cm²	BLANDA PUNTA MARTILLO 250 - 50 kg/cm²	MUY BLANDA NAVAJA 50 - 10 kg/cm²	EXTR. BLANDA UNA < 10 kg/cm²								
SEP. ENTRE DISCONTINUIDADES		>2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	<0,06 m	VALOR		10								
ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m	VALOR		4								
	APERTURA	0 mm	< 0,10 mm	0,1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm	VALOR		4								
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave	VALOR		3								
	RELLENOS	Ninguno	Duro (< 5 mm)	Duro (> 5 mm)	Blando (< 5 mm)	Blando (> 5 mm)	VALOR		6								
	METEORIZACIÓN DISC.	Inalterada (I)	Ligeramente alterada (II)	Moderadamente alterada (III)	Muy alterada (IV)	Descompuesta (V-VI)	VALOR		5								
	HIDROGEOLOGÍA	VALOR	15	COMPLETAMENTE SECO	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	GOTEANDO	AGUA FLUYENDO	CAUDAL ESTIM.								
ORIENTACIÓN DISCONTINUIDADES	Túneles	Excavación favor buzamiento	Buz 45° - 90°	0	Excavación contra buzamiento	Buz 45° - 90°	-5	Buz 20° - 45°	-10	Excavación paralela al eje	Buz 45° - 90°	-12	Buz 20° - 45°	-5	Buz 0° - 20°	-10	v
	Cimentaciones		Buz 20° - 45°	-2		Buz 45° - 90°	-7	Buz 20° - 45°	-15		Buz 45° - 90°	-25	Buz 20° - 45°	-7	Buz 0° - 20°	-15	0
	Taludes		Buz 20° - 45°	-5		Buz 45° - 90°	-25	Buz 20° - 45°	-50		Buz 45° - 90°	-60	Buz 20° - 45°	-25	Buz 0° - 20°	-50	0
										TILT TEST	Jv (disc./m³)	6					

CROQUIS AFLORAMIENTO

LOCALIZACIÓN



CLASIFICACIÓN RMR

PARAMETRO	VALORACIÓN	RMR MODIFICADO
RCS	7	7
RQD (%)	17	17
SEPARACIÓN DISC. (m)	10	10
ESTADO DISCONTINUIDADES	Longitud	4
	Apertura	4
	Rugosidad	3
	Relleno	6
	Meteoriz.	5
	Meteoriz.	5
Presencia de agua	15	15
RMR BÁSICO	71	71
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES		
CLASE	II BUENA	71
100-81	I	80-61
60-41	III	40-21
<21	V	

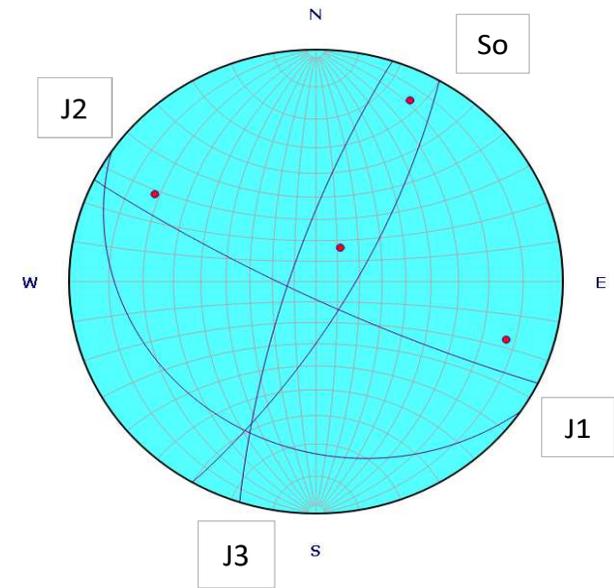
CLASIFICACIÓN Q

Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q
12	3	1	1	2	
Q = RQD/Jn x Jr/Ja x Jw/SRF					11,25
>0,01-0,1	0,1-1	1-4	4-10	10-40	40-100
Ex mala	M Mala	Mala	Media	Buena	M Buena
Ex Buena					
GSI	35	55	GSI	= RMR mod - 5	66

FOTO GENERAL / DETALLE DEL AFLORAMIENTO



ESTEREOGRAMA



Observaciones

--

APÉNDICE 2. ESTUDIOS GEOFÍSICOS

**INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE TOMOGRAFÍA
SÍSMICA PARA EL PROYECTO CONSTRUCTIVO CENTRAL
HIDROELÉCTRICA DE IRUEÑA (SALAMANCA)**



NOVIEMBRE 2022

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. EQUIPO TÉCNICO, INSTRUMENTAL Y SOFTWARE.....	4
3. TRABAJO REALIZADO.....	6
4. ELABORACIÓN DE DATOS, INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS.....	9
4.1 ELABORACIÓN DE DATOS E INTERPRETACIÓN.....	9
4.1.1 Sísmica de Refracción, interpretación por Tomografía Sísmica.	9
4.2 RESULTADOS.....	13
5. PLANOS DE SITUACIÓN Y RESULTADOS.....	18
ANEJO: REGISTROS SÍSMICOS DE CAMPO	21

1. INTRODUCCIÓN.

El presente informe se refiere al reconocimiento geofísico realizado por OCSA Prospecciones y Estudios S.L. (**OCSA**), a petición de **AIN ACTIVE**, para el proyecto de Construcción de la Central Hidroeléctrica de Iruña, situada en los términos municipales de El Bodón y El Sahugo, en la provincia de Salamanca.



Figura 1 Desarrollo de los trabajos de campo en el perfil PS-2.

El estudio geofísico se basa en el reconocimiento, mediante la técnica de Tomografía Sísmica, de un emplazamiento próximo a la Presa de Iruña donde se van a realizar actuaciones relacionadas con el proyecto constructivo de una Central Hidroeléctrica.

El objetivo principal del presente estudio consiste en investigar este emplazamiento y definir la distribución de velocidades de Onda P (V_p) y obtener información sobre los materiales presentes en dicho emplazamiento, definiendo capa de suelos, capa de roca alterada y sustrato o roca sana.

Para lograr dichos objetivos, el cliente diseñó una campaña de investigación geofísica utilizando la técnica de Tomografía Sísmica, que es un método sísmico parecido a la sísmica de refracción que permite observar la distribución de velocidades de Onda P en el subsuelo, así como su evolución en profundidad.

Los trabajos de campo se realizaron el día 11 de noviembre de 2022.

Las mediciones realizadas, los resultados y conclusiones obtenidos constituyen el contenido del presente informe.



Figura 2. Desarrollo de los trabajos de campo en el perfil PS-2

2. EQUIPO TÉCNICO, INSTRUMENTAL Y SOFTWARE.

El equipo técnico que ha intervenido en la realización de los trabajos de campo y en la interpretación de los datos geofísicos, ha estado formado por:

D. Manuel Blanco Rodríguez, Lcdo. en C. Geológicas.

D. Daniel Bustillo Cancelas, Lcdo. en C. Geológicas.

Las mediciones sísmicas en superficie se realizaron por el método de Tomografía Sísmica con fuente de percusión (martillo de 8 Kg) golpeando sobre una placa de duraluminio, utilizándose un sismógrafo marca Geometrics Geode, de 24 canales, dotado de:

- Apilamiento de señales.
- Tratamiento individual por traza.
- Filtro antisolape automático; filtros de corte bajo de 10, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280 y 400 Hz; filtro Notch de 50, 60, 150 y 180 Hz; filtros de corte alto de 250, 500 y 1000 Hz.
- Control automático de ganancia.
- Amplificador IFP (Instantaneous Floating Point).
- Amplificador de ganancia de 0 a 96 db en pasos de 3db.
- Intervalo de muestreo de 25, 50, 100, 250, 500 y 1024 milisegundos.
- Almacenamiento de datos en PC conectado al Geode.



Figura 3. Sismógrafo Geode conectado a PC

- Se utilizaron geófonos de componente vertical de 14 Hz de frecuencia propia y una línea o manguera sísmica.



Figura 4. Fuente de energía (izda) y geófono de 14 Hz (dcha)

El software utilizado en el procesado e interpretación de los datos geofísicos de Tomografía Sísmica ha sido el siguiente:

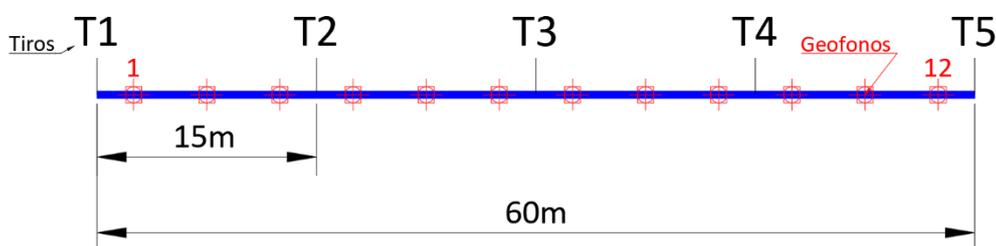
- Para el procesado de los registros brutos de campo y obtención de las primeras llegadas se ha utilizado el programa **SIIS 2.8.5** (de elaboración propia). Las dromocrónicas obtenidas fueron analizadas y ajustadas manualmente por un interpretador especializado con más de 20 años de experiencia.
- Para la interpretación de los registros una vez procesados mediante la técnica de refracción por Tomografía Sísmica se ha utilizado el programa **Rayfract V3.17** de la casa **Intelligent Resources Inc.**
- Para la elaboración del presente informe se han empleado los programas: Word, Surfer y AutoCad.

3. TRABAJO REALIZADO.

El trabajo realizado comprende la investigación de un emplazamiento mediante la ejecución de dos perfiles de 60 metros de longitud cada uno, utilizando la técnica de Tomografía Sísmica.

La configuración para la adquisición de los perfiles sísmicos fue la misma para los dos perfiles realizados y se muestra a continuación:

- Perfiles de 60 metros, utilizando 12 geófonos separados cada 5 metros y apoyados en 5 puntos de tiro espaciados cada 15 metros.



En total se han realizado 120 metros de investigación mediante Tomografía Sísmica.

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de los extremos de los perfiles realizados, que fueron tomadas con un GPS MobileMapper 20, de la casa Spectra Precision, con precisión submétrica.

PERFIL	Coordenadas Inicio	Coordenadas Final	LONGITUD
PS-1	X:705507.09 Y:4479877.71	X:705515.53 Y:4479818.31	60 m
PS-2	X:705496.40 Y:4479869.65	X:705545.42 Y:4479830.83	60 m

Tabla 1. Coordenadas GPS de inicio y fin de los perfiles registrados en campo.

La situación de estos perfiles sísmicos viene representada en el plano de situación nº 1, a escala 1:1000.

La ubicación final de los perfiles se realizó en el emplazamiento original propuesto por el cliente, adaptándonos a las condiciones de orografía y vegetación existentes en la zona, intentando cubrir el área de investigación de la forma más eficiente posible para obtener unos resultados concluyentes.



Figura 5. Emplazamiento definitivo de los perfiles PS-1 y PS-2. Imagen de Google Earth.

La metodología de campo desarrollada en cada punto de tiro ha sido la siguiente:

1. Análisis del nivel de “ruido” y estudio de los diferentes filtros para seleccionar los adecuados. Se seleccionaron finalmente un filtro de corte alto de 250 Hz y el filtro de baja abierto en el caso de la sísmica de refracción, y los dos filtros abiertos para la toma de datos de MASW.
2. Una vez obtenidos en cada tiro los registros generales de todos los canales utilizados, con el número de apilamientos necesarios, se analizó individualmente cada traza obtenida, con el fin de repetir el tiro, si era necesario, “fijando” los canales que se considerasen buenos. Esta operación se repitió las veces que fueron necesarias.
3. Finalmente, los registros obtenidos se almacenaron en el disco duro del portátil para su posterior tratamiento e interpretación.

En el Anejo se adjuntan los registros de campo obtenidos con la tomografía sísmica. Como puede observarse, en líneas generales los registros tienen una calidad aceptable pese al intenso ruido producido por la actividad de la presa.

En las siguientes imágenes se pueden observar distintos momentos de la toma de datos en campo de los dos perfiles registrados.



Figura 6. Trabajos de campo en los perfiles PS-1(izda) y PS-2 (dcha).

4. ELABORACIÓN DE DATOS, INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS.

4.1 ELABORACIÓN DE DATOS E INTERPRETACIÓN.

4.1.1 Sísmica de Refracción, interpretación por Tomografía Sísmica.

La Tomografía Sísmica es una de las modalidades de interpretación de la Sísmica de Refracción, presentando una serie de ventajas y desventajas respecto a los métodos tradicionales de interpretación de la refracción, como la Teoría de Rayos. Una ventaja importante es que, en perfiles tan cortos y sin poder dar tiros exteriores, con la refracción clásica no se obtiene mucha profundidad de investigación, mientras que la Tomografía Sísmica sí que permite profundizar algo más. Además, puede detectar inversiones de velocidad (tramos de baja velocidad por debajo de capas de mayor velocidad), que con la interpretación clásica no se puede. Como desventaja, la Tomografía sísmica ofrece un gradiente de velocidades V_p en el que se observa la distribución de velocidades con la profundidad (isovelocidades), pero no calcula velocidades reales de capa, lo que en algunos casos puede ser muy útil para definir rangos de ripabilidad o excavabilidad.

Esta técnica se procesa e interpreta mediante el software Rayfract V 3.17, que es un programa de tomografía sísmica que permite obtener imágenes fiables de la distribución de la velocidad en la subsuperficie del terreno.

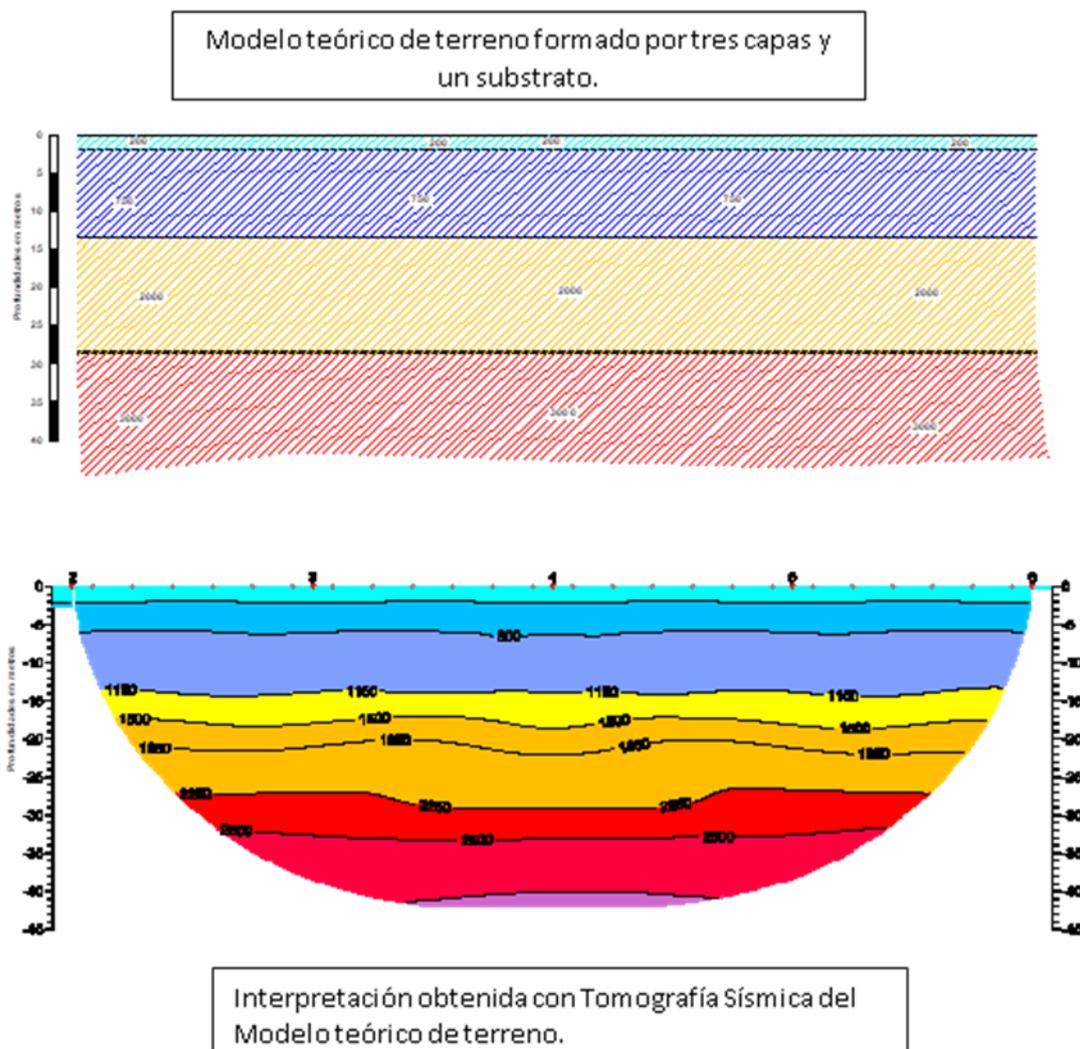
Como primer paso realiza una "Smooth inversion", con un gradiente continuo de la velocidad con la profundidad en 1D, a partir de un modelo de tiempos interceptados obtenidos de forma automática de las primeras llegadas obtenidas en los perfiles sísmicos (dromocrónicas), utilizando la teoría del volumen de Fresnel en lugar de la teoría de rayos.

A partir de este gradiente inicial de velocidad 1D, se refina mediante la utilización de un 2D WET tomography (Wavepath Eikonal Traveltime), no necesitando el "mapeado" de los refractores (también permite interpretar con los métodos convencionales de Plus-Minus y Wavefront para estructuras sencillas de tres capas).

En el esquema de la página siguiente se muestra la dificultad de correlación existente entre los modelos de isolíneas (Gradiente continuo de velocidades o Tomografía Sísmica) y los modelos de velocidades de capa (Teoría de Rayos), por ejemplo, a la hora de realizar la asignación de capas o definir los grados de ripabilidad de las diferentes formaciones detectadas. Así, partiendo de un modelo teórico de tres capas y un substrato, con velocidades de capa y espesores definidos, para poder establecer la correspondencia entre los espesores del modelo y la interpretación obtenida por Tomografía Sísmica hay que establecer la

siguiente correlación:

- a) El techo del substrato que se sitúa en el modelo a 28 m de profundidad con 3000 m/s hay que correlacionarlo con la isovelocidad de 2250.
- b) El techo de la capa de 2000 m/s que se sitúa en el modelo a 14 m de profundidad hay que correlacionarlo con la isovelocidad de 1150.
- c) El techo de la capa de 750 m/s que se sitúa en el modelo a 2 m de profundidad hay que correlacionarlo con la isovelocidad de 400.
- d) La primera capa, que presentan un espesor de 2 m con una velocidad de 200 m/s, estaría delimitada por el tramo comprendido entre la superficie del corte y la isovelocidad de 400.



En base a una correlación de este tipo, entre isovelocidades y velocidades de capa, se pueden

definir los límites de las capas respecto a las líneas de isovelocidad y su grado de ripabilidad en las interpretaciones obtenidas con Tomografía sísmica.

En la página siguiente se muestran las dromocrónicas y los cortes sísmicos obtenidos en la interpretación de los perfiles realizada por Tomografía Sísmica. En las dromocrónicas los tiros de campo aparecen representados con líneas continuas de distintos colores, mientras que la interpretación/ajuste alcanzada por el programa, en cada tiro, viene representada por una línea de trazos de color azul y la lectura de campo (llegada de la Onda P) que correspondería al corte sísmico obtenido viene representada con una cruz, así se puede observar el grado de desviación/ajuste obtenido.

Como puede observarse en las siguientes imágenes, las dromocrónicas tienen unos ajustes bastante buenos y los errores RMS más elevados fueron del 4%, por lo que podemos considerar los resultados como muy aceptables.

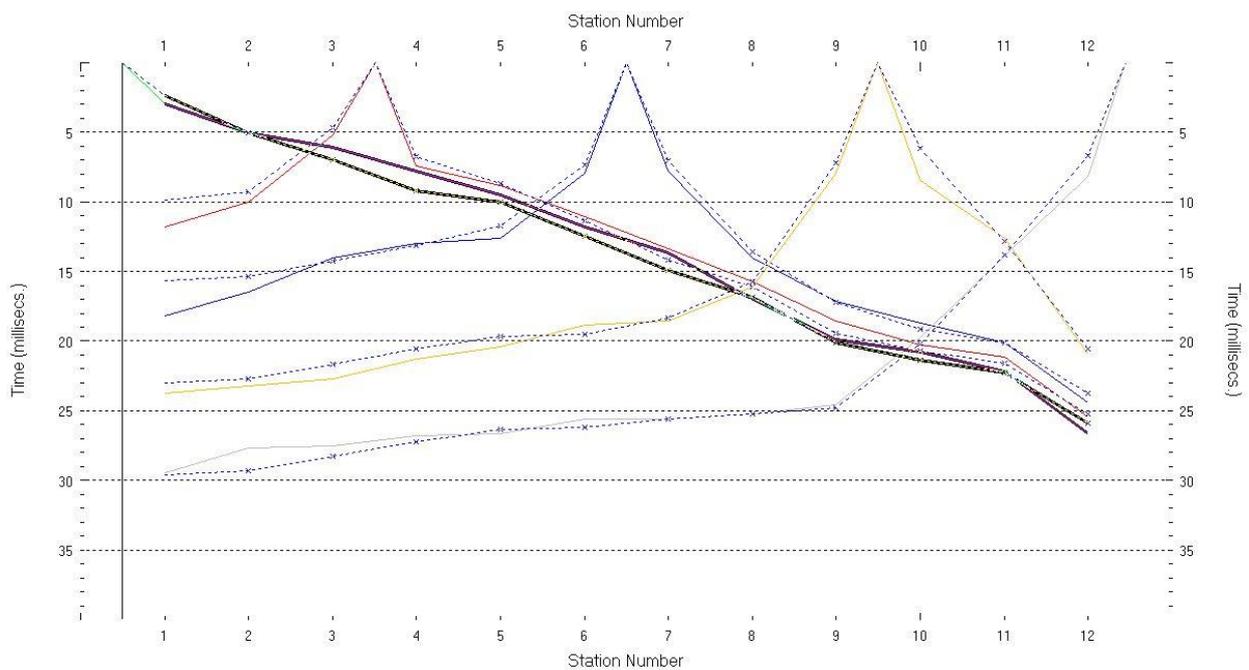


Figura 7. Dromocrónica del perfil PS-1

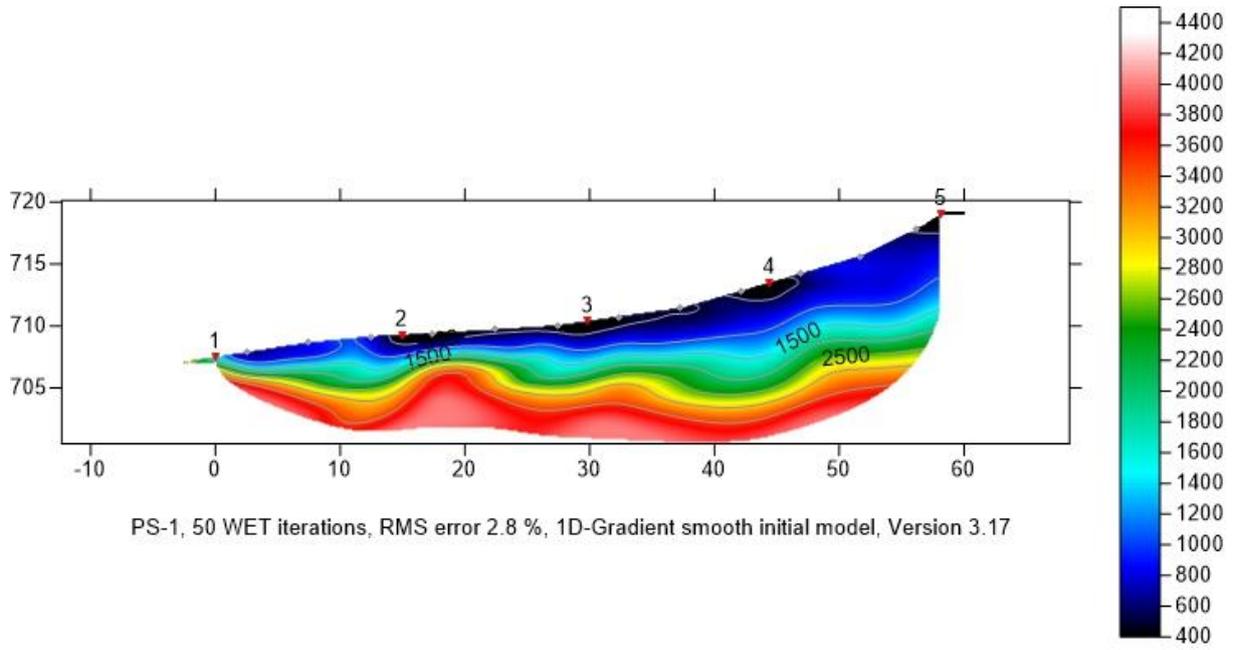


Figura 8. Interpretación del perfil PS-1

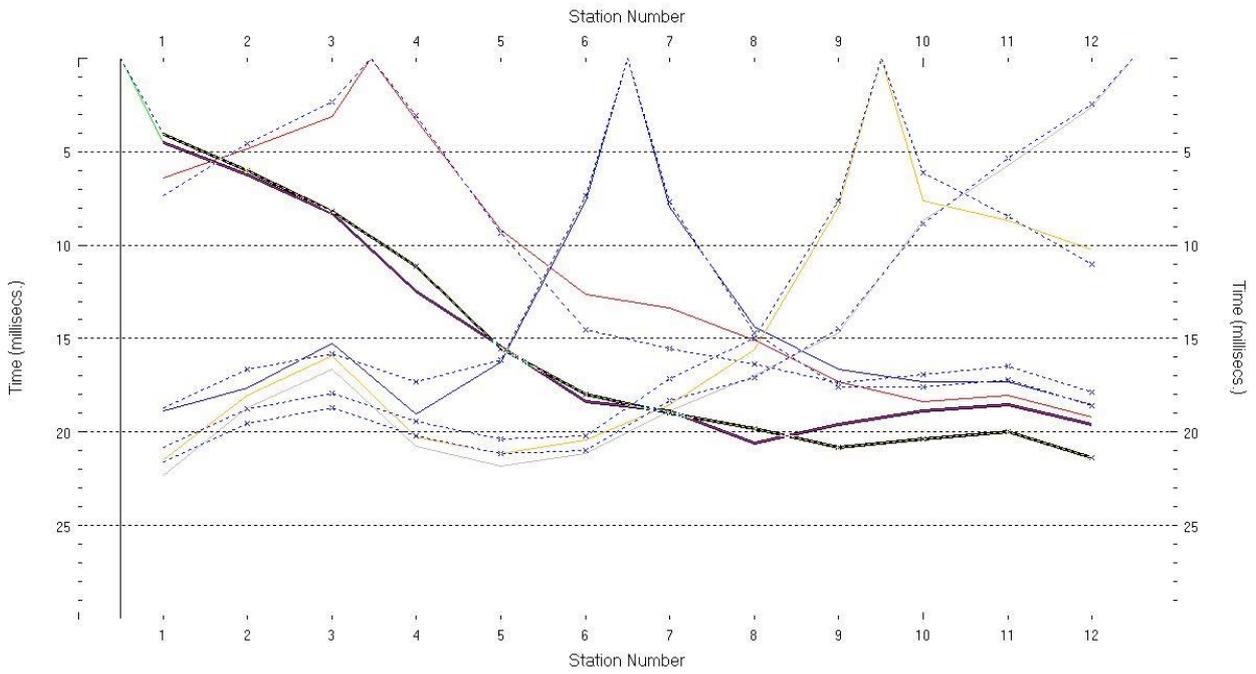


Figura 9. Dromocrónica del perfil PS-2

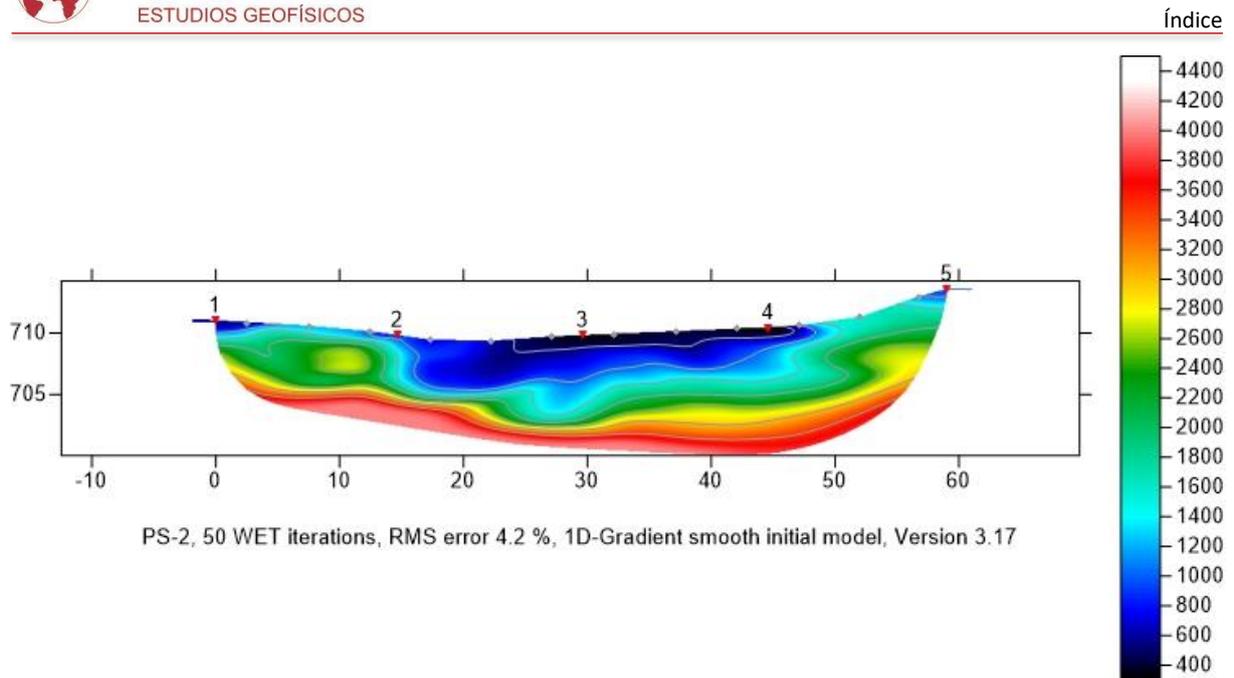


Figura 10. Interpretación del perfil PS-2

Los cortes obtenidos se han representado en el plano de resultados nº 2, a escalas horizontal y vertical 1:500.

4.2 RESULTADOS.

A continuación, pasamos a realizar una descripción de los cortes obtenidos, de forma esquemática, con el fin de dar mayor claridad a la descripción de los resultados, incluyendo las posibles dudas.

En cuanto a los valores de la velocidad sísmica que indican el cambio entre Ripable-Zona Umbral-No Ripable hay que considerarlos como aproximados en el sentido de que velocidades que son ripables pueden dar lugar a producciones bajas de un tractor, lo que resulta antieconómico para la obra, situación ésta subsanable eligiendo un método más adecuado para el movimiento de tierras, como por ejemplo las voladuras de esponjamiento, u otro que adecue economía con rendimiento. La estimación de este valor de la velocidad que se podría denominar "Ripabilidad económica" se deja a criterio del geólogo responsable del trabajo ya que va a depender no solo de la velocidad sísmica obtenida con los perfiles de refracción, sino que también depende de factores tan diversos como son: la estratificación de la roca, el buzamiento, su esquistosidad, la forma de ataque del desmonte respecto a los factores propios de la roca ya mencionados, etc.

En las páginas siguientes se incluyen las tablas de ripabilidad suministradas por Caterpillar para un tractor D-8 y un D-10. Comparando ambas puede observarse claramente la variación según la potencia del tractor.

Asimismo, y como comparación, se incluye, procedente del *Manual para el control y diseño de voladuras en obras de carreteras*, editado por el Ministerio de Fomento (Dirección General de Carreteras), en su Serie Normativas, Instrucciones de Construcción (Año 1998), la siguiente valoración entre la velocidad sísmica y las características de la excavación:

- Velocidades < 1500 m/s: Rocas excavables con mototraillas, excavadoras o tractores. No precisan voladuras.
- Velocidades 1500-2000 m/s: Ripado fácil. Excavación de estratos sin volar, algo difícil para excavadoras o tractores con ripper.
- Velocidades 2000-2500 m/s: Ripado algo costoso. Voladuras ligeras (p.e. grandes esquemas, grandes longitudes de retacado, bajos consumos específicos).
- Velocidades 2500-3000 m/s: Se precisan voladuras ligeras. Prevoladuras.
- Velocidades > 4500 m/s: Se precisan voladuras importantes (p.e. esquemas de perforación cerrados, pequeñas longitudes de recatado, altos consumos específicos).

Este cuadro puede considerarse con una valoración económica de la excavación y ripabilidad de carácter general.

TABLA DE RIPABILIDADES PARA UN TRACTOR D-8 DE CATERPILLAR

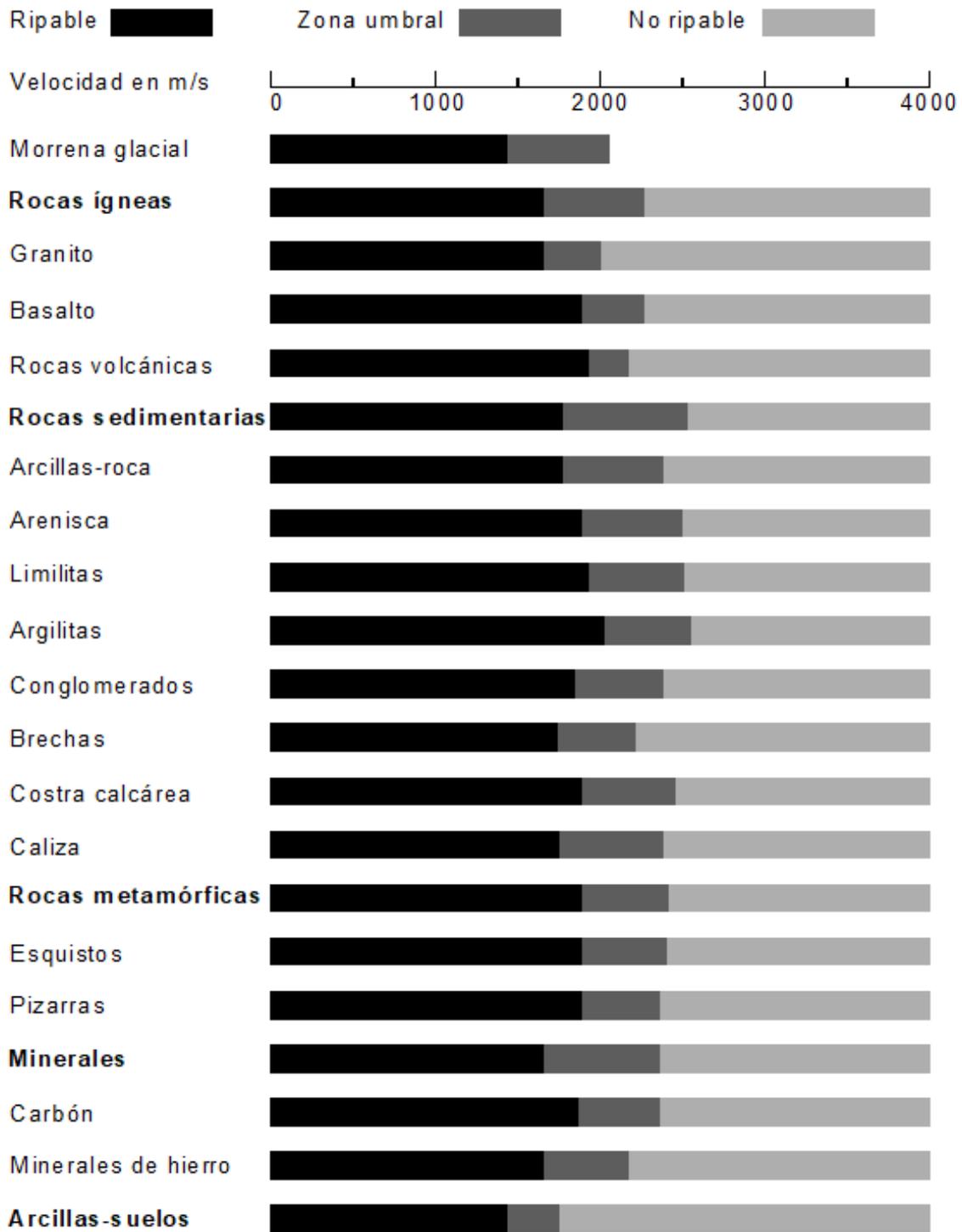
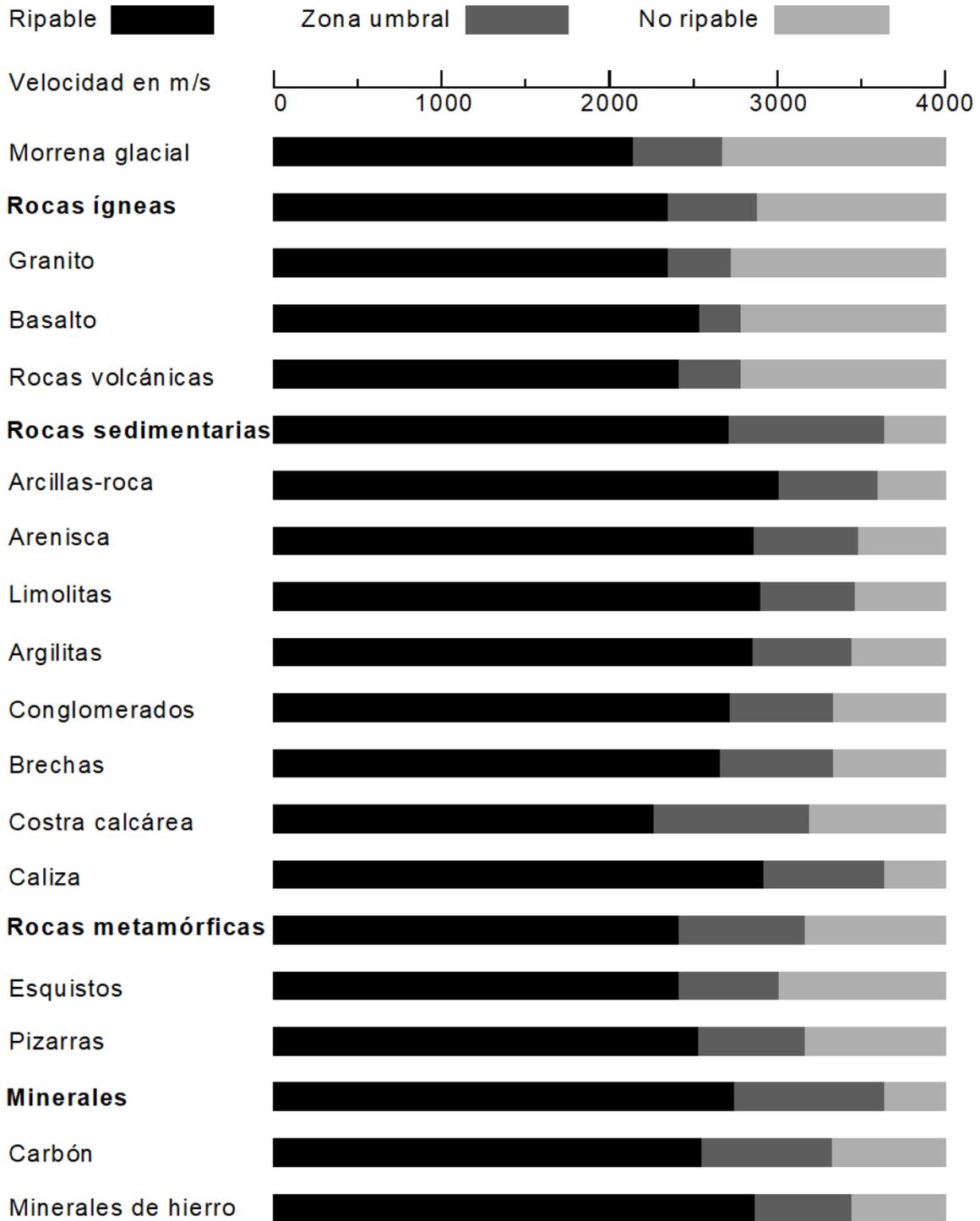


TABLA DE RIPABILIDADES PARA UN TRACTOR D-10 DE CATERPILLAR



- Conclusiones.

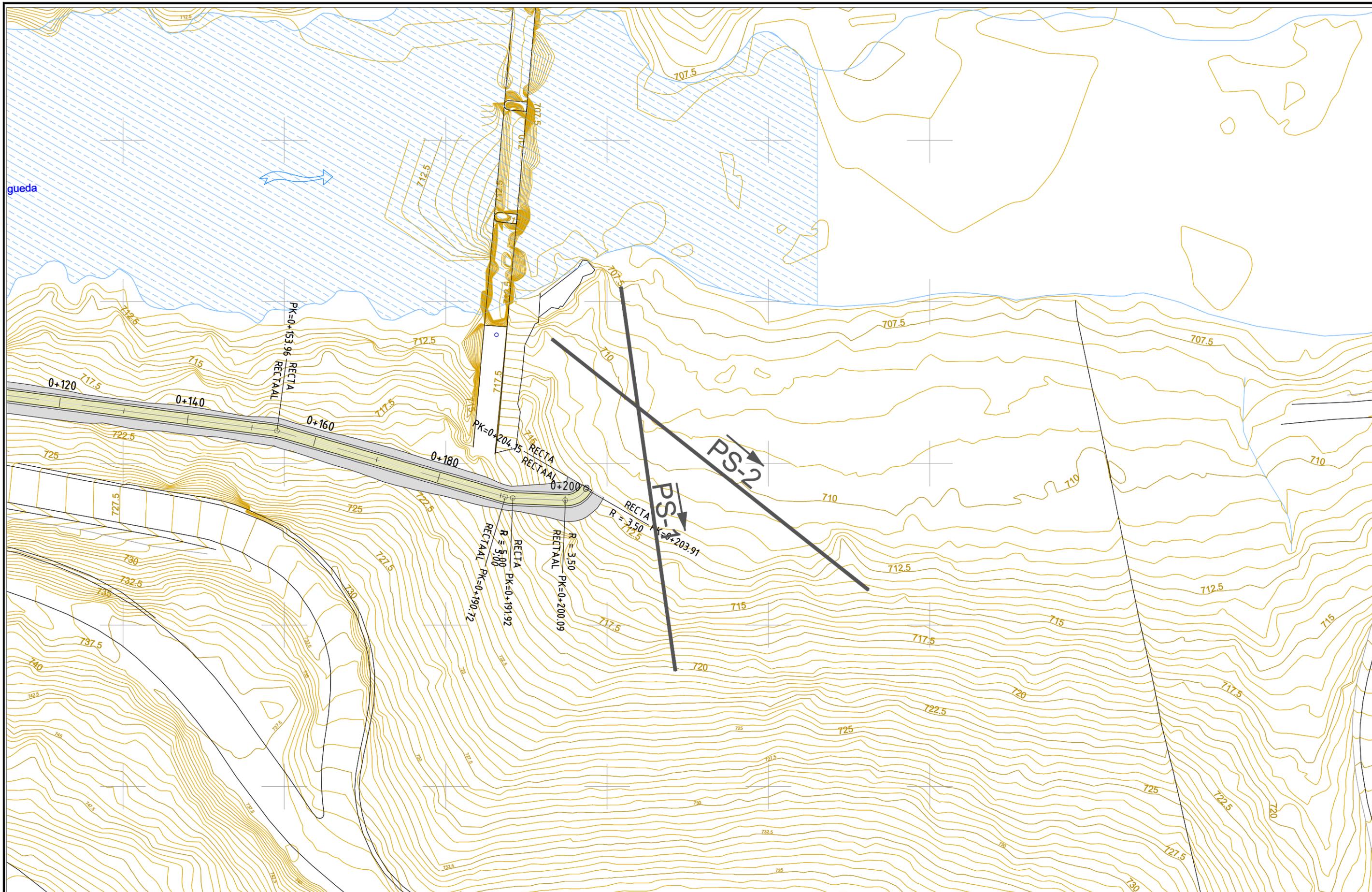
Previo a describir las conclusiones hemos de indicar que, para definir las 3 capas sísmicas que hemos determinado bajo los perfiles, se llevó a cabo una preinterpretación por Teoría de Rayos con la finalidad de poder definir el número de capas sísmicas existentes y el rango de velocidad para acotar dichas capas.

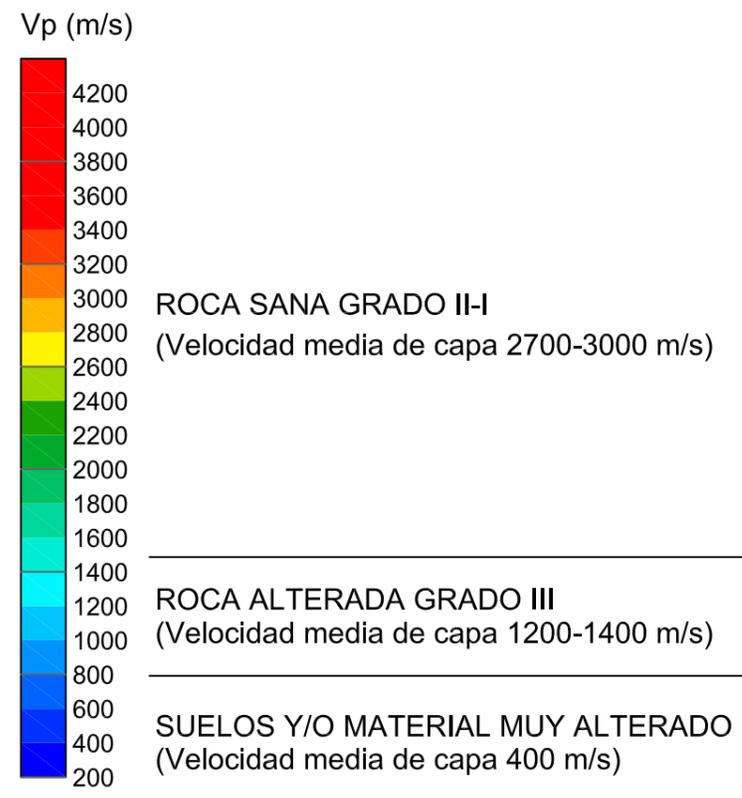
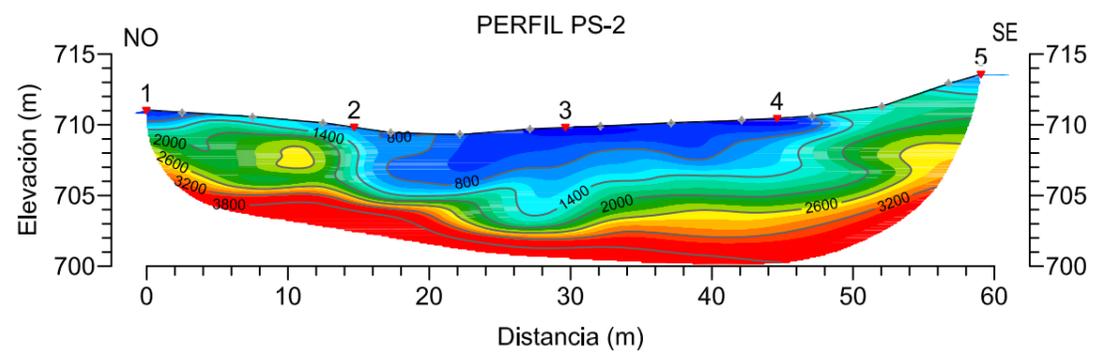
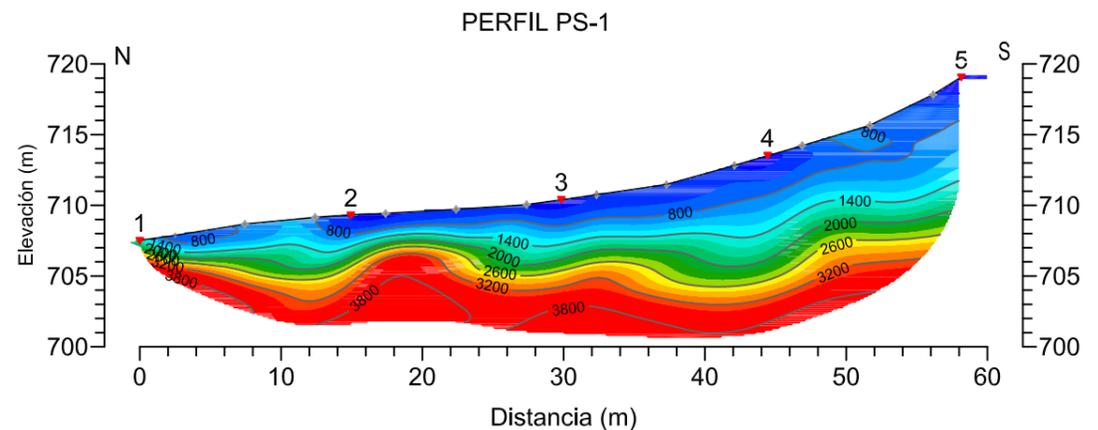
Si analizamos los cortes sísmicos obtenidos con los perfiles realizados observamos, como rasgos más significativos, los siguientes:

- En ambos perfiles se detecta una estructura de dos capas y un sustrato.
- Teniendo en cuenta las litologías existentes en la zona de estudio, compuestas por pizarras y grauvacas, podemos definir la estructura detectada de la siguiente forma:
 - La primera capa es observable con velocidades medias de 300-400 m/s, y estaría delimitada por la isovelocidad de 800 m/s. El espesor de esta primera capa, que correspondería con suelos y/o materiales altamente alterados, es variable y alcanza sus mayores espesores hacia el centro de los perfiles, acuñándose en la parte inicial de los perfiles donde prácticamente desaparece. Atendiendo a criterios de excavabilidad y ripabilidad podemos calificar esta primera capa como excavable con mototraillas, excavadoras o tractores, sin precisar voladuras.
 - La segunda capa queda definida entre las isovelocidades de 800 y 1500 m/s, pudiéndose atribuirle una velocidad media entre 1200-1400 m/s. Su espesor también es variable, alcanzando mínimos en la parte inicial y final del PS-2, donde prácticamente desaparece, apareciendo los afloramientos de roca en esas zonas. Esta capa sísmica correspondería con la roca alterada, quizás Grado III ya que estamos hablando de pizarras o grauvacas. Según criterios de excavabilidad y ripabilidad, esta segunda capa también sería excavable, estando cerca del límite del ripado fácil. Excavación de estratos sin volar, algo difícil para excavadoras o tractores con ripper.
 - La tercera capa o sustrato se ha definido a partir de valores de isovelocidad de 1500 m/s, correspondiendo con la roca sana Grado II-I. Podría atribuirse una velocidad media de capa de 2700-3000 m/s, siendo necesarias voladuras ligeras y prevoladuras.

No se observan inversiones de velocidad en ninguno de los perfiles, resultando un gradiente en el que las velocidades aumentan con la profundidad.

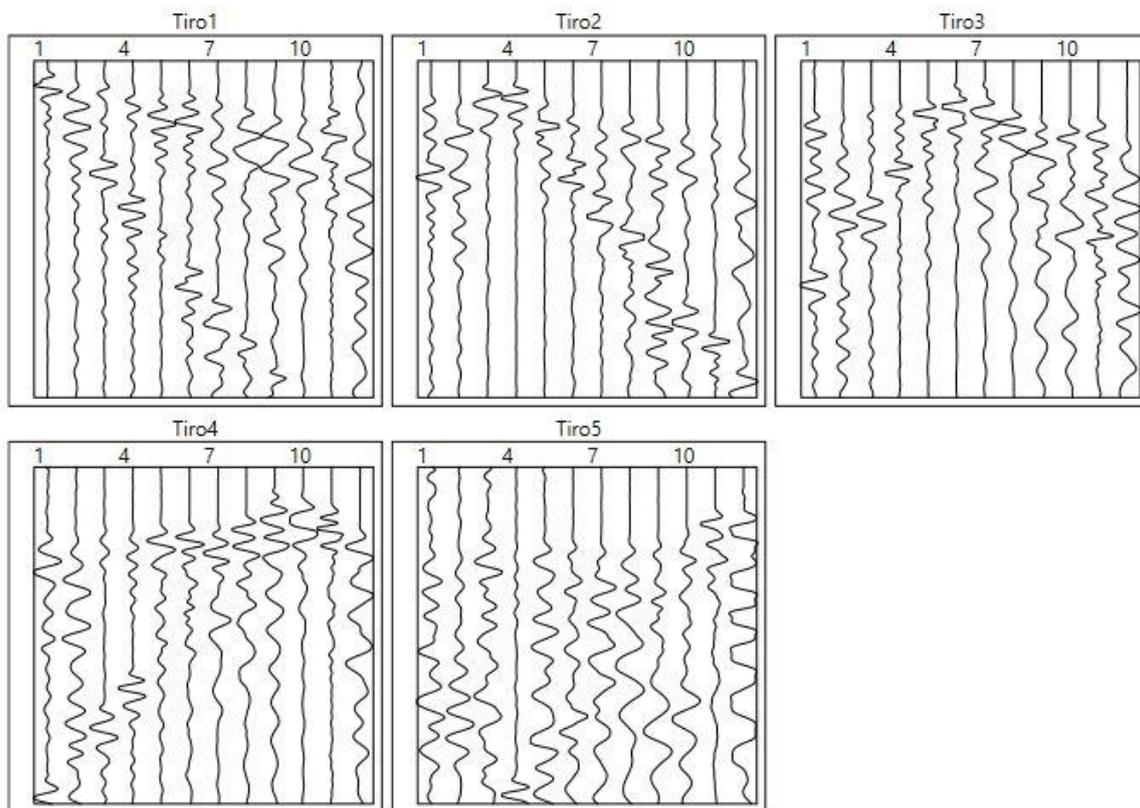
5. PLANOS DE SITUACIÓN Y RESULTADOS.



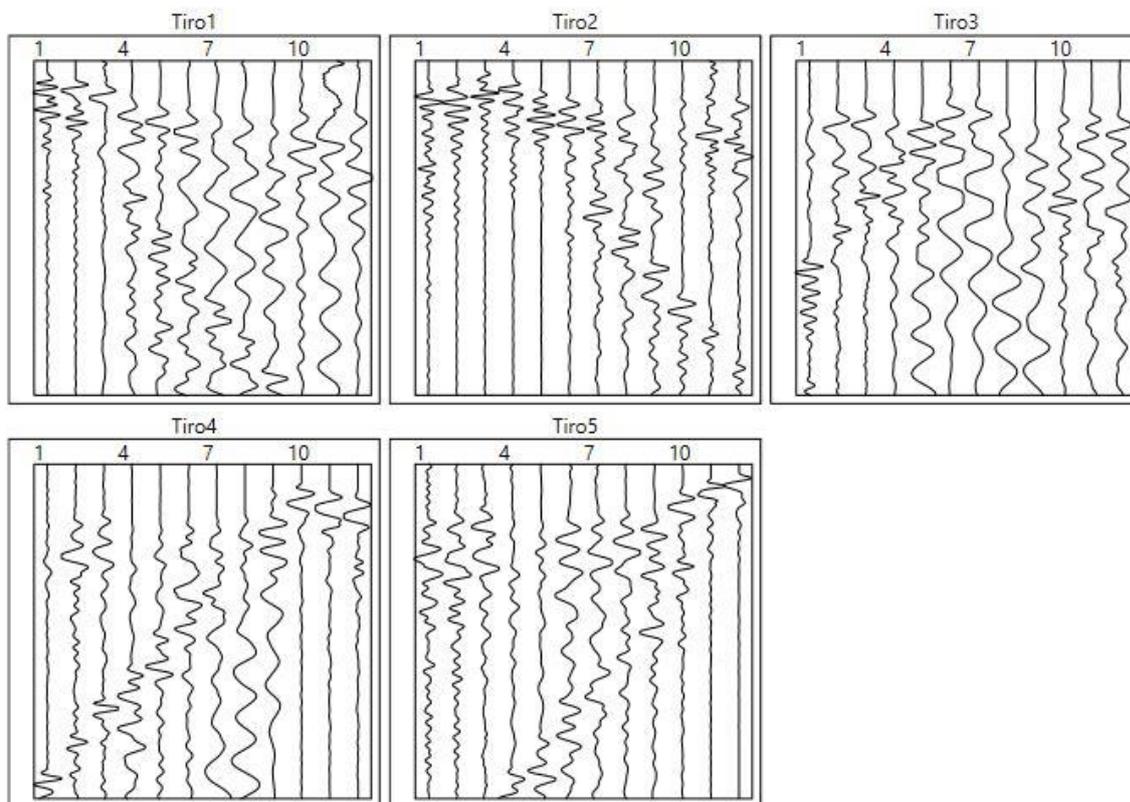


ANEJO: REGISTROS SÍSMICOS DE CAMPO

Perfil PS-1



Perfil PS-2



APÉNDICE 3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

APÉNDICE 3. ANÁLISIS ESTABILIDAD DE TALUDES

ÍNDICE

1. OBJETO Y ANTECEDENTES	1
2. ÁREA DE ESTUDIO	1
2.1. ZONIFICACIÓN	2
2.2. GEOLOGÍA-GEOTECNIA DE LA ZONA DE ESTUDIO	4
3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	6
3.1. CONSIDERACIONES INICIALES	6
3.2. ANÁLISIS CINEMÁTICO DE ESTABILIDAD. ZONA DE LA TUBERIA FORZADA.....	12
3.3. ANÁLISIS CINEMÁTICO DE ESTABILIDAD. ZONA DE LA CENTRAL. TALUDES LONGITUDINALES	20
3.4. ANÁLISIS CINEMÁTICO DE ESTABILIDAD. CANALES DE DESCARGA	29
3.5. CÁLCULOS DE ESTABILIDAD	34

APÉNDICE 1.- ANÁLISIS CINEMÁTICO

APÉNDICE 2.- CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Tramificación de los taludes transversales de la tubería	4
Tabla 2. Angulo de fricción básico	11
Tabla 3. Orientaciones de las distintas discontinuidades consideradas	12
Tabla 4. Tramificación de los taludes transversales de la tubería	13
Tabla 5. Resumen de los distintos análisis cinemáticos realizados	14
Tabla 6. Resumen de los distintos análisis cinemáticos realizados	17
Tabla 7. Orientaciones de las distintas discontinuidades consideradas	20
Tabla 8. Resumen de los distintos análisis cinemáticos realizados	21
Tabla 9. Orientaciones de las distintas discontinuidades consideradas	25
Tabla 10. Resumen de los distintos análisis cinemáticos realizados	26
Tabla 11. Orientaciones de las distintas discontinuidades consideradas	29
Tabla 12. Resumen de los distintos análisis cinemáticos realizados	30
Tabla 13. Tipos de sostenimiento en cada tramo analizado	47
Tabla 14. Tipos de sostenimiento en cada tramo analizado	48
Tabla 15. Tipos de sostenimiento en cada tramo analizado	48

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Área de estudio donde se generarán los taludes la tubería forzada, casa de máquinas y vial de acceso, en una imagen de Google maps.	2
Imagen 2. Detalle del área de estudio donde se generarán los taludes de la tubería forzada, central y vial de acceso, en una imagen de Google maps.	2
Imagen 3. Área de estudio donde se generarán los taludes de donde se generarán los taludes de la tubería forzada y central	3
Imagen 4. Tramificación de los taludes de la tubería forzada.....	3
Imagen 5. Área de estudio donde se generarán los taludes de la central y canales de desagüe. Tramificación	4
Imagen 6. Hoja nº 550 (10-12) – Fuenteguinaldo, del Mapa Geológico de España 1:50.000, del IGME.	5
Imagen 7. Detalle de la Hoja nº 550 (10-12) – Fuenteguinaldo, del Mapa Geológico de España 1:50.000, del IGME, donde se encuadra la central, tubería forzada y vial de acceso. La zona está compuesta litológicamente de materiales pertenecientes al complejo esquisto grauváquico.	6
Imagen 8. Análisis cinemático de bloques en cimentaciones: (a) conjuntos de fracturas en cimentaciones; y (b) envolventes de planos trazadas en stereonet de proyección de áreas iguales.....	7
Imagen 9. Análisis cinemático y de estabilidad simple combinados utilizando el concepto de cono de fricción: (a) cono de fricción en relación con el bloque en reposo en un plano inclinado; y (b) proyección estereográfica de un cono de fricción superpuesto a envolventes de planos.	8
Imagen 10. Análisis cinemático. Rotura plana en estereofalsilla	9
Imagen 11. Análisis cinemático. Resumen del análisis	9
Imagen 12. Probabilidades de rotura plana	15
Imagen 13. Probabilidades de rotura por vuelco.....	15
Imagen 14. Probabilidades de rotura por cuñas	16
Imagen 15. Probabilidades de rotura plana	18
Imagen 16. Probabilidades de rotura por vuelco.....	18
Imagen 17. Probabilidades de rotura por cuñas	19
Imagen 18. Probabilidad de rotura plana	22

Imagen 19. Probabilidad de rotura por vuelco de estratos	22
Imagen 20. Probabilidad de rotura por cuñas.....	23
Imagen 21. Probabilidad de rotura por cuñas.....	23
Imagen 22. Probabilidad de rotura por vuelco de estratos	24
Imagen 23. Probabilidad de rotura por cuñas.....	24
Imagen 24. Probabilidad de rotura plana	27
Imagen 25. Probabilidad de rotura por vuelco de estratos	27
Imagen 26. Probabilidad de rotura por cuñas.....	28
Imagen 27. Probabilidad de rotura plana	31
Imagen 28. Probabilidad de rotura por vuelco de estratos	31
Imagen 29. Probabilidad de rotura por cuñas.....	32
Imagen 30. Probabilidad de rotura plana	32
Imagen 31. Probabilidad de rotura por vuelco de estratos	33
Imagen 32. Probabilidad de rotura por cuñas.....	33
Imagen 33. Modelo de rotura plana en distintas vistas. Caso general	34
Imagen 34. Rotura planar. Resultado del análisis de estabilidad. Caso general	35
Imagen 35. Representación del talud en rotura plana con la fuerza de anclaje contra el talud, y la fuerza sísmica hacia el talud.	35
Imagen 36. Modelo de rotura por vuelco en distintas vistas. Caso general	37
Imagen 37. Rotura por cuñas. Gráfico donde se representa la relación entre el factor de seguridad y el peso de la cuña. Sin sostenimiento.....	39
Imagen 38. Rotura por cuñas. Sostenimiento.....	40
Imagen 39. Gráfico donde se representa la relación entre el factor de seguridad y el peso de la cuña con sostenimiento.....	40

1. OBJETO Y ANTECEDENTES

La presa de Irueña ha sido construida por el Estado en el curso medio-alto del río Águeda, en la provincia de Salamanca, entre los términos municipales de El Bodón y El Sahugo; y pertenece a la CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO. Las obras comenzaron en 1997 y finalizaron en el año 2003. El fin principal del embalse es regular el río Águeda y evitar así las inundaciones que sufre cíclicamente el pueblo de Ciudad Rodrigo.

Los trabajos a realizar consisten en la definición de los proyectos constructivos para obtención de la autorización administrativa de construcción (a partir de los proyectos básicos administrativos existentes), la preparación de los pliegos para la licitación del contrato de obras, montajes y suministros, así como el análisis y valoración de las ofertas recibidas en dichas licitaciones. Una vez contratadas las obras y suministros, corresponderá al adjudicatario las labores de supervisión de la ingeniería de detalle y dirección facultativa de obras y montajes electromecánicos, coordinación de seguridad y salud y pruebas y puesta en marcha de la central hidroeléctrica y finalmente la revisión y validación de toda la documentación generada en el proyecto.

En este anejo, partiendo de la geometría de los taludes definida y los condicionantes geológicos-geotécnicos, se realiza el estudio de la estabilidad de los taludes que se generarán en la obra a proyectar. En los análisis que se realizarán se obtiene un factor de seguridad, que de no ser satisfactorio para garantizar la estabilidad de los taludes se recomendará la introducción de elementos de sostenimiento capaces de elevar los factores de seguridad y garantizar la estabilidad de estos.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto de la central hidroeléctrica de pie de presa del embalse de Irueña, se sitúa en el río Águeda, en la provincia de Salamanca, entre los términos municipales de El Bodón y El Sahúgo.



Imagen 1. Área de estudio donde se generarán los taludes la tubería forzada, casa de máquinas y vial de acceso, en una imagen de Google maps.

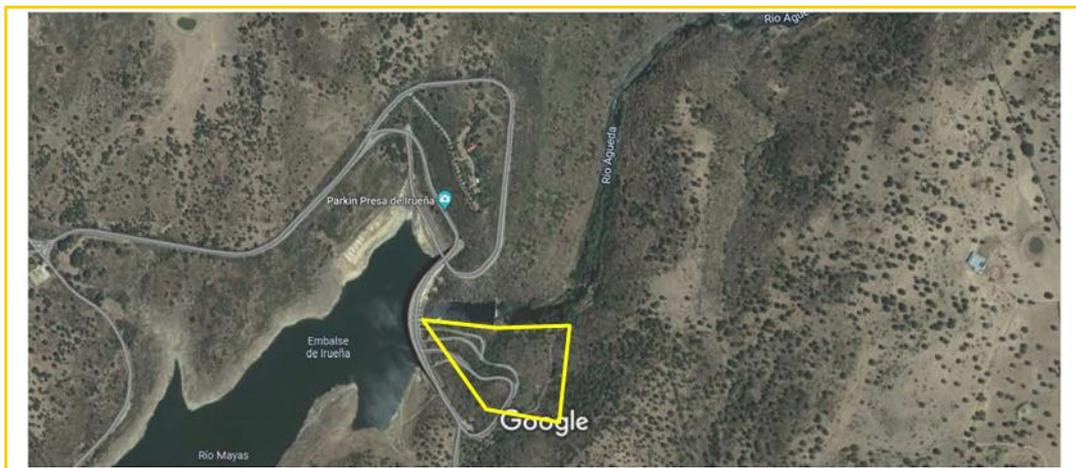


Imagen 2. Detalle del área de estudio donde se generarán los taludes de la tubería forzada, central y vial de acceso, en una imagen de Google maps.

2.1. ZONIFICACIÓN

Dado que los taludes se generan en varios elementos de la obra, se ha procedido a la zonificación de los taludes referentes a los distintos elementos. A continuación, se describen cada una de estas zonas:

- Zona de la tubería forzada:
 - Taludes transversales
 - Talud longitudinal conexión con casa de máquinas
- Central
 - Taludes transversales
 - Talud longitudinal conexión con casa de máquinas

- Canales de descarga:
 - o Taludes transversales

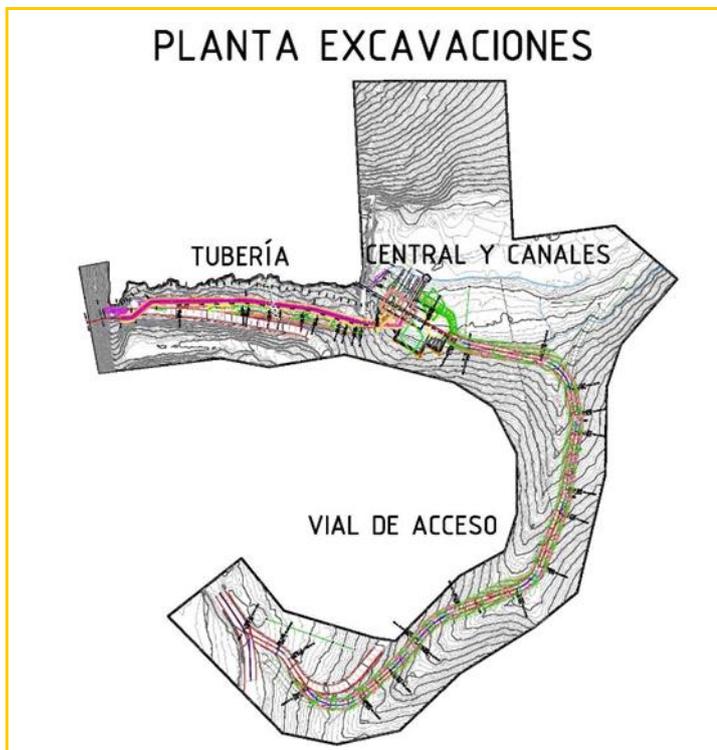


Imagen 3. Área de estudio donde se generarán los taludes de donde se generarán los taludes de la tubería forzada y central

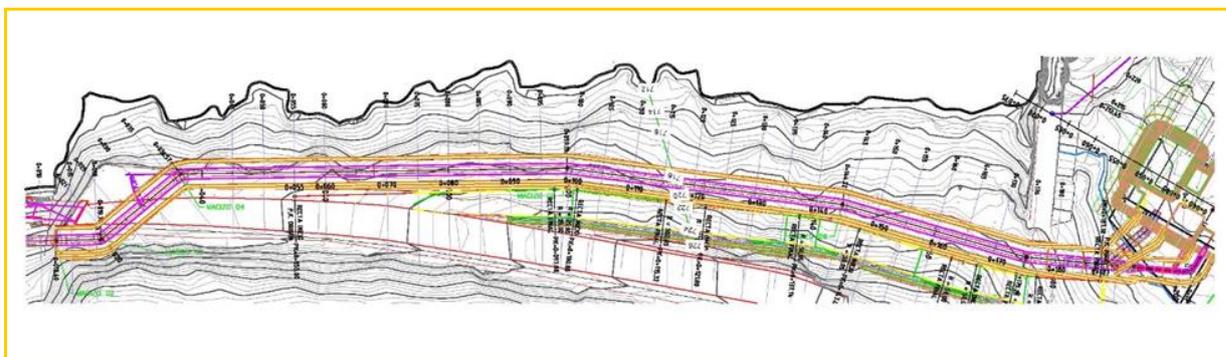


Imagen 4. Tramificación de los taludes de la tubería forzada.

TRAMIFICACION								
TRAMO	PK inicial	PK final	TALUD DERECHO			TALUD IZQUIERDO		
			Hmax (m)	Dirección de buzamiento	Buzamiento	Hmax (m)	Dirección de buzamiento	Buzamiento
T-1	0+012,4	0+019,78	6,27	N357E	76	2,80	N177E	76
T-2	0+019,78	0+036,57	3,00	N320E	76	3,00	N140E	76
T-3	0+036,57	0+099,19	6,44	N360E	76	3,60	N180E	76

TRAMIFICACION								
TRAMO	PK inicial	PK final	TALUD DERECHO			TALUD IZQUIERDO		
			Hmax (m)	Dirección de buzamiento	Buzamiento	Hmax (m)	Dirección de buzamiento	Buzamiento
T-4	0+099,19	0+144,22	5,85	N007E	76	3,62	N187E	76
T-5	0+144,22	0+176	7,00	N016E	76	4,10	N196E	76
T-6	0+176	0+202	7,00	N005E	76	4,70	N185E	76

Tabla 1. Tramificación de los taludes transversales de la tubería

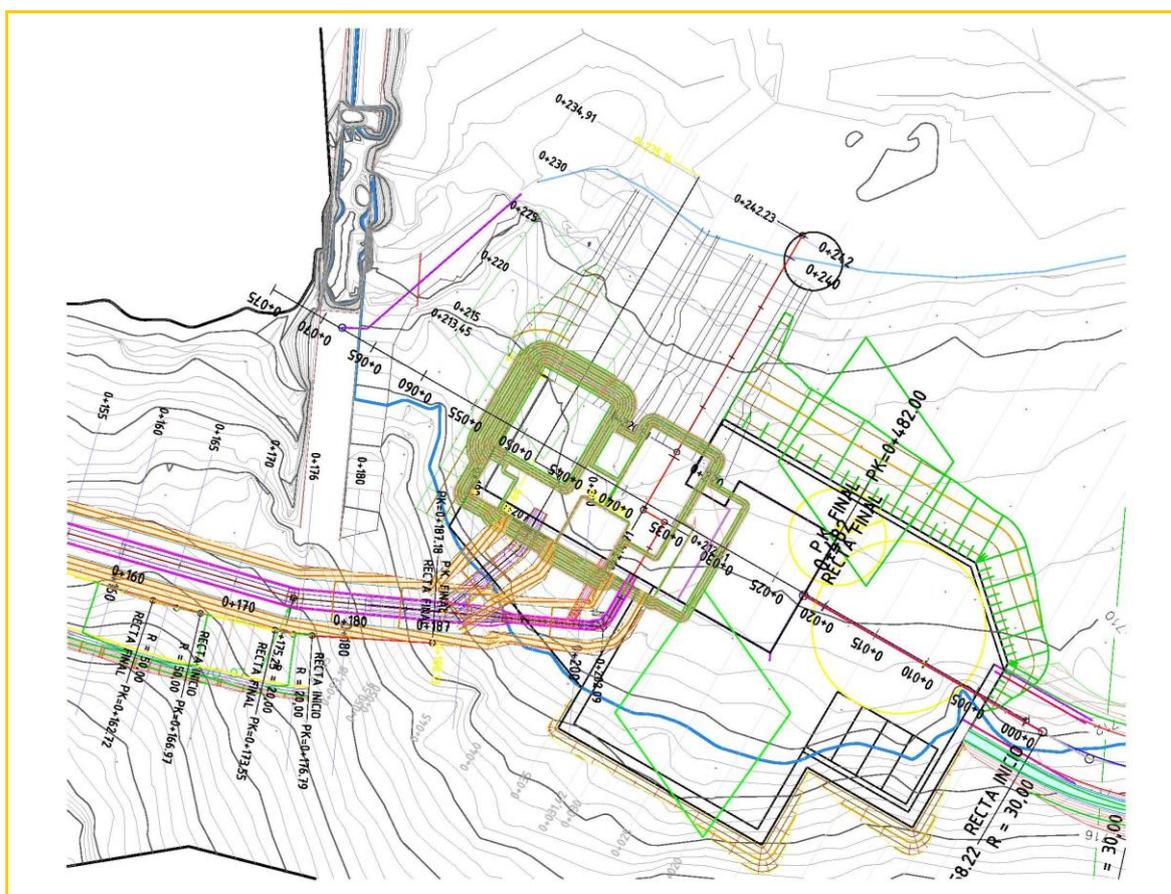


Imagen 5. Área de estudio donde se generarán los taludes de la central y canales de desagüe. Tramificación

2.2. GEOLOGÍA-GEOTECNIA DE LA ZONA DE ESTUDIO

La geología y geotecnia de las distintas zonas se han definido en el anejo 2 de geología y geotecnia. Aquí se reúne la información necesaria para generar los modelos geológico-geotécnicos que utilizaremos en los cálculos de estabilidad. No se repite aquí toda la información geológica-geotécnica, se limitará a reflejar las características generales mediante los planos geológicos y perfiles geológicos de cálculo utilizados.

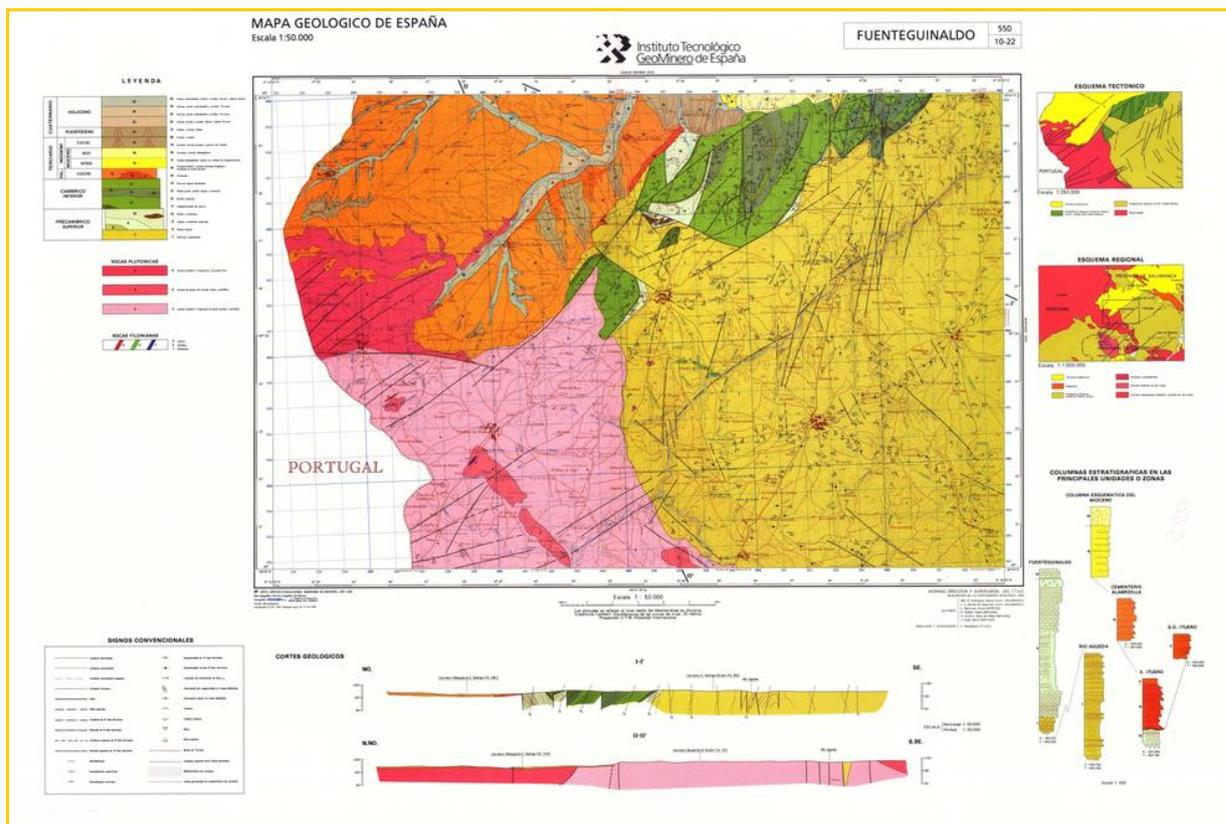


Imagen 6. Hoja nº 550 (10-12) – Fuenteguinaldo, del Mapa Geológico de España 1:50.000, del IGME.

Regionalmente, la presa de Iruña se sitúa sobre materiales rocosos pertenecientes al Complejo Esquisto Grauwáquico CEG (unidad nº 7) de edad precámbrico superior, como se constata en la imagen anterior del Mapa Geológico de España 1:50.000 de Fuenteguinaldo (550/10-22).

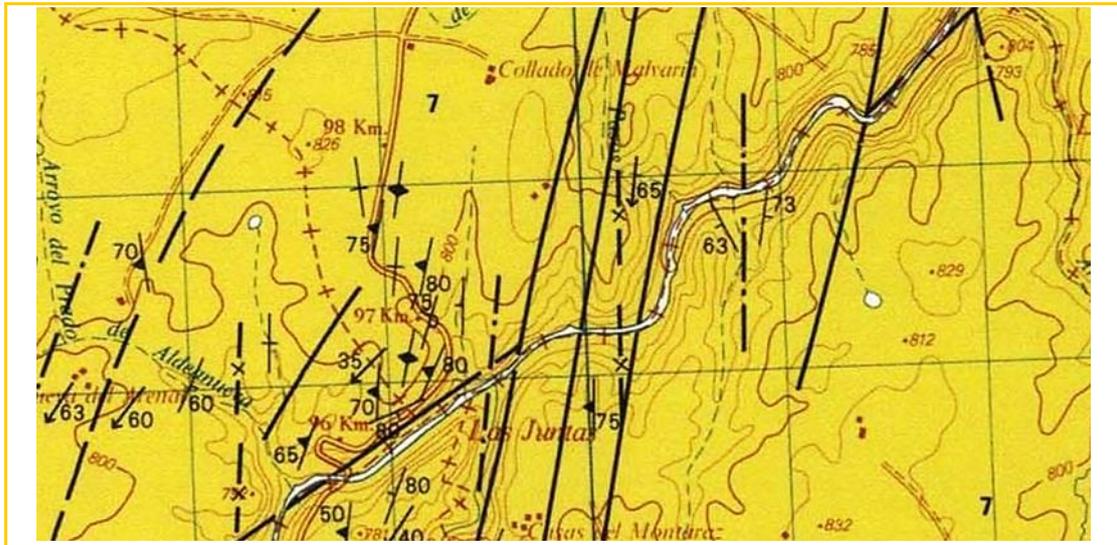


Imagen 7. Detalle de la Hoja nº 550 (10-12) – Fuenteguinaldo, del Mapa Geológico de España 1:50.000, del IGME, donde se encuadra la central, tubería forzada y vial de acceso. La zona está compuesta litológicamente de materiales pertenecientes al complejo esquisto grauváquico.

Litológicamente, el CEG presenta una alternancia de areniscas y pelitas en proporciones variables, y esporádicos niveles de conglomerados y facies “eslumpizadas”, plegadas y con buzamientos subverticales.

“El Complejo Esquisto Grauváquico (C. E. G.) constituye un grupo litológico muy potente, en el que se reconocen algunos niveles guía cartografiables. Desde el punto de vista estratigráfico se han distinguido tres unidades litológicas diferentes y superpuestas, que se han denominado Unidad Inferior, Intermedia y Superior, respectivamente (RODRIGUEZ ALONSO, M. D., 1985; ROBLES CASAS et al., 1988, y ALVAREZ NAVA et al., 1988).

La Unidad Inferior abarca la mayor extensión del área cartografiada y se caracteriza por presentar tramos alternantes arenosos y pelíticos en distintas proporciones, con escasas intercalaciones de niveles conglomeráticos. Las características de las facies reconocidas indican que se trata de una sedimentación marina de carácter turbidítico. Su límite inferior es desconocido y el superior está marcado por una discordancia sobre la que se disponen los materiales de la Unidad Intermedia y/o Superior”.

3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

3.1. CONSIDERACIONES INICIALES

- Estabilidad de desmontes excavados en roca sana o moderadamente meteorizada
Para analizar las condiciones de estabilidad de los desmontes previstos a lo largo de la traza, excavados en substrato rocoso sano o moderadamente meteorizado, se ha utilizado, como elemento de cálculo, el método del Dr. K. W. John adaptado según el

programa DIPS, realizado por el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Toronto, y otros programas auxiliares, SWEDGE y ROCPLANE, para determinar analíticamente el factor de seguridad de las cuñas y bloques con posibilidad de movimiento hacia la excavación. Estos métodos permiten conocer si un bloque rígido, delimitado por varias discontinuidades geológicas y con unas propiedades resistentes definidas a lo largo de los planos de discontinuidad, es o no estable para un talud determinado.

- Programa DIPS versión 8.011. Análisis cinemático de estabilidad.
- Programa SWEDGE versión 7.012. Cálculo de roturas por cuñas.
- Programa ROCTOPPLE versión 2.002. Cálculo de roturas por vuelco de estratos.
- Programa ROCPLANE versión 4.006. Cálculo de roturas planares.

El método es válido para los desmontes en formaciones de rocas duras en estado sano o moderadamente alterado (G.M. II y III) y para profundidades de desmontes como son los proyectados, donde puede descartarse la posibilidad de roturas a través del propio material.

En las siguientes figuras se esquematiza el procedimiento seguido:

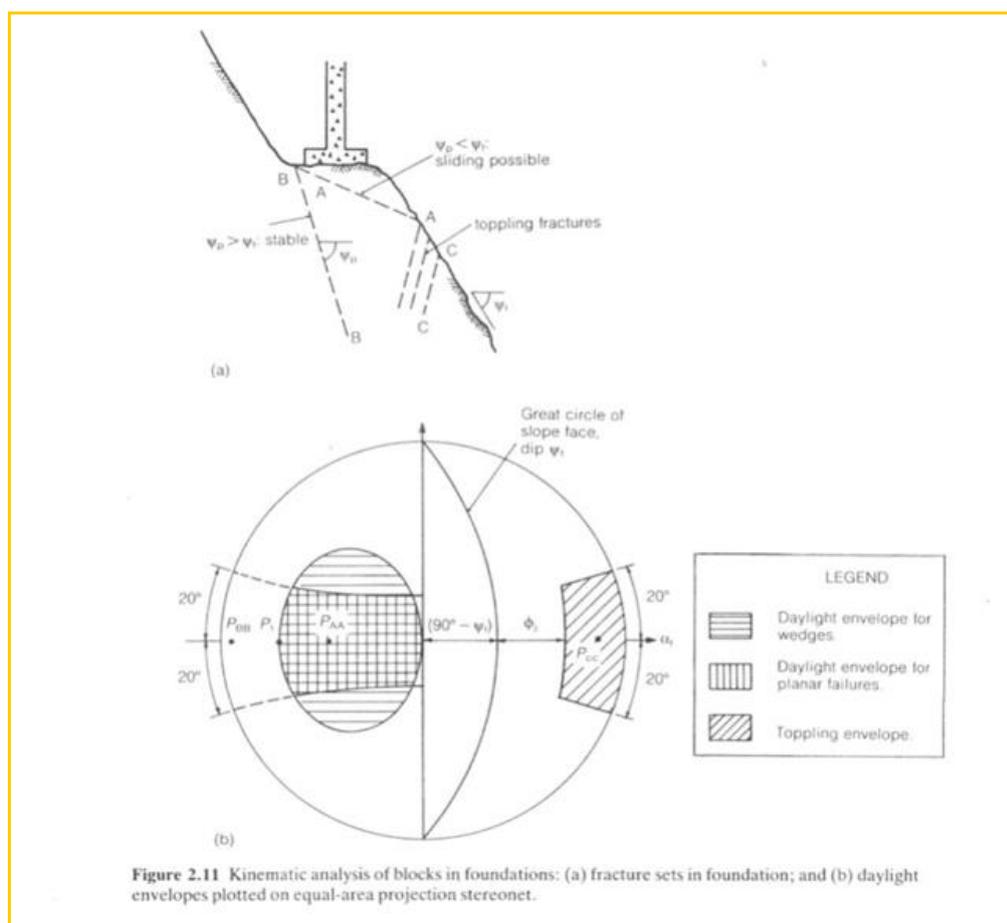


Imagen 8. Análisis cinemático de bloques en cimentaciones: (a) conjuntos de fracturas en cimentaciones; y (b) envolventes de planos trazadas en stereonet de proyección de áreas iguales.

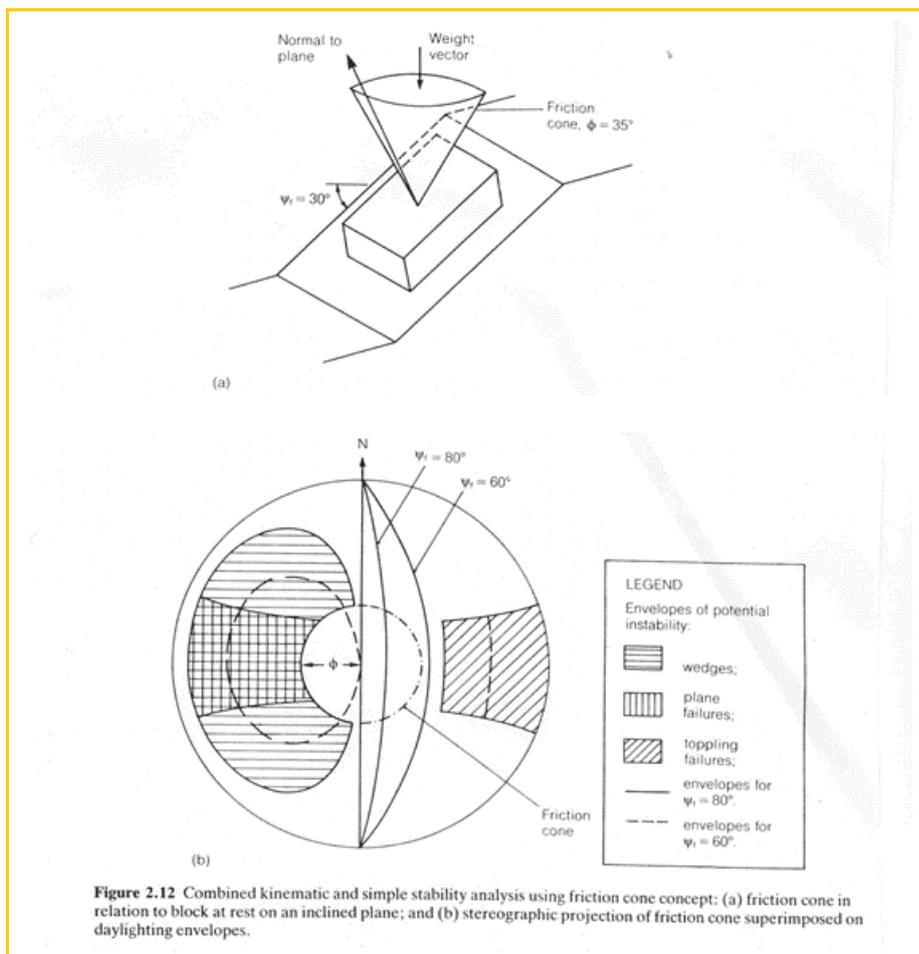


Figure 2.12 Combined kinematic and simple stability analysis using friction cone concept: (a) friction cone in relation to block at rest on an inclined plane; and (b) stereographic projection of friction cone superimposed on daylighting envelopes.

Imagen 9. Análisis cinemático y de estabilidad simple combinados utilizando el concepto de cono de fricción: (a) cono de fricción en relación con el bloque en reposo en un plano inclinado; y (b) proyección estereográfica de un cono de fricción superpuesto a envolventes de planos.

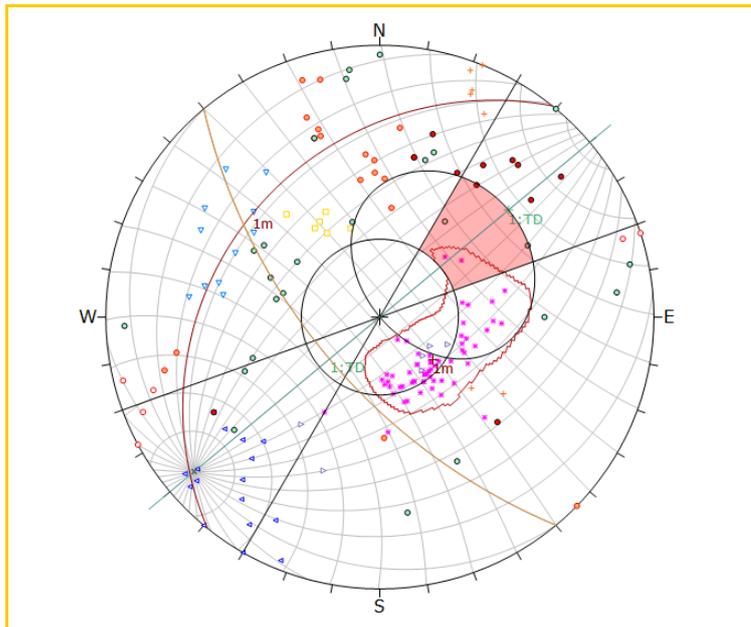


Imagen 10. Análisis cinemático. Rotura plana en estereofalsilla

Symbol	TIPO	Quantity
●	J	25
●	J1	18
●	J2	11
+	J3	7
▽	J4	11
□	J5	6
◁	J6	16
○	J7	6
▷	S1	6
◆	So	62

Kinematic Analysis		Planar Sliding		
Slope Dip		63		
Slope Dip Direction		230		
Friction Angle		32°		
Lateral Limits		20°		
		Critical	Total	%
Planar Sliding (All)		5	168	2.98%
Planar Sliding (Set 1)		2	63	3.17%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1	■	63	230	TD
Mean Set Planes				
1m	■	26	309	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	168 (168 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Imagen 11. Análisis cinemático. Resumen del análisis

Como podemos observar en la imagen 14, en el análisis cinemático nos define un campo de rotura, zona crítica. En el cuadro derecho, zona coloreada, nos indica el número de discontinuidades que producen la rotura, con un porcentaje sobre el total de las discontinuidades y otro sobre el total de discontinuidades de la familia a la que pertenecen. Así podemos valorar la tipología de rotura más pésima.

Todos los datos para la realización de los distintos análisis cinemáticos de estabilidad se encuentran en los anejos de geología y geotécnica, Levantamiento de estaciones geomecánicas, donde se pueden ver los distintos parámetros al uso según los procedimientos aceptados, como son las indicaciones de la institución ISRM.

Estimación del ángulo de rozamiento en discontinuidades

Criterio de Barton y Choubey

Se trata de un criterio empírico, deducido a partir del análisis del comportamiento de las discontinuidades en ensayos de laboratorio, que permite estimar la resistencia al corte en discontinuidades rugosas. Se expresa de la siguiente forma:

$$\tau = \sigma'_n \operatorname{tag} \left[\operatorname{JRC} \log_{10} \left(\frac{\operatorname{JCS}}{\sigma'_n} \right) + \phi_r \right]$$

En donde:

τ y σ'_n : Son los esfuerzos tangencial y normal efectivo sobre el plano de discontinuidad.

ϕ_r : Es el ángulo de rozamiento residual.

JRC: Es el coeficiente de rugosidad de la discontinuidad (joint roughness coefficient).

JCS: Es la resistencia a la compresión de las paredes de la discontinuidad (joint wall compression strength).

Según la expresión anterior la resistencia de la discontinuidad depende de tres componentes:

Una componente friccional, ϕ_r , una componente geométrica dada por el parámetro JRC, y una componente de «asperidad» controlada por la relación $\operatorname{JCS}/\sigma'_n$. Esta «asperidad» y la componente geométrica representan la rugosidad i . Su valor es nulo para esfuerzos normales

Su valor es nulo para esfuerzos normales altos, cuando $\operatorname{JCS}/\sigma'_n = 1$. Los valores más representativos suelen estar entre 3 y 100. La resistencia friccional total viene dada por $(\phi_r + i)$, y por lo general no es superior a 50° . A mayor valor de σ_n menor valor de la resistencia friccional total. Con la relación de Barton y Choubey se obtienen ángulos de rozamiento muy altos para tensiones de compresión muy bajas sobre la discontinuidad.

Por ello no debe usarse para tensiones σ_n tales que $\operatorname{JCS}/\sigma_n > 50$, debiendo tomarse en estos casos un ángulo de rozamiento constante independiente de la carga, con un valor ϕ_p igual a:

$$\phi_p = \phi_r + 1,7 \operatorname{JRC}$$

Estimación del ángulo de rozamiento residual ϕ_r

En general la pared de la junta está alterada y por lo tanto el ángulo de rozamiento residual será inferior al ángulo de la roca sana ϕ_b . Para su evaluación se aplica la fórmula:

$$\phi_r = (\phi_b - 20^\circ) + 20 \frac{r}{R}$$

Donde

R: Es el valor del rebote del esclerómetro o martillo Schmidt, sobre una superficie de material sano y seco; r es el valor del rebote del esclerómetro sobre la superficie de la pared de la junta en estado natural, húmedo o seco; ϕ_b es el ángulo de resistencia básico de la roca, y se obtiene de tablas bibliográficas (Cuadro 3.13).

Cuadro 3.13 Ángulo de fricción básico			
TIPO DE ROCA	ESTADO DE HUMEDAD	ANGULO DE FRICCIÓN BÁSICO ϕ_b	REFERENCIA
A. ROCAS SEDIMENTARIAS			
1. Arenisca	Seco	26-35	Patton, 1966
2. Arenisca	Húmedo	25-33	Patton, 1966
3. Arenisca	Húmedo	29	Ripley & Lee, 1962
4. Arenisca	Seco	31-33	Kramanovic, 1967
5. Arenisca	Seco	32-34	Coulson, 1962
6. Arenisca	Húmedo	31-34	Coulson, 1962
7. Arenisca	Húmedo	33	Richards, 1975
8. Pizarra	Húmedo	27	Ripley & Lee, 1962
9. Limolita	Húmedo	31	Ripley & Lee, 1962
10. Limolita	Seco	31-33	Coulson, 1962
11. Limolita	Húmedo	27-31	Coulson, 1962
12. Conglomerado	Seco	35	Kramanovic, 1967
13. Creta	Húmedo	30	Hurchinson, 1972
14. Caliza	Seco	31-37	Coulson, 1962
15. Caliza	Húmedo	27-35	Coulson, 1962
B. ROCAS IGNEAS			
16. Basalto	Seco	35-38	Coulson, 1962
17. Basalto	Húmedo	31-36	Coulson, 1962
18. Granito de grano fino	Seco	31-35	Coulson, 1962
19. Granito de grano fino	Húmedo	29-31	Coulson, 1962
20. Granito de grano grueso	Seco	31-35	Coulson, 1962
21. Granito de grano grueso	Húmedo	31-33	Coulson, 1962
22. Pórfido	Seco	31	Barton, 1971
23. Pórfido	Húmedo	31	Barton, 1971
24. Dolerita	Seco	36	Richards, 1971
25. Dolerita	Húmedo	32	Richards, 1971
C. ROCAS METAMORFICAS			
26. Anfibolita	Seco	32	Wallace et al. 1970
27. Gneis	Seco	26-29	Coulson, 1962
28. Gneis	Húmedo	23-26	Coulson, 1962
29. Esquistos	Seco	25-30	Barton, 1971
30. Esquistos	Seco	30	Richards, 1971
31. Esquistos	Húmedo	21	Richards, 1971

Tabla 2. Angulo de fricción básico

Si las paredes de la discontinuidad están sanas, $\phi_r = \phi_b$. Los valores típicos de ϕ_b en discontinuidades planas sin meteorizar son del orden de 25° a 37° para rocas sedimentarias, de 29° a 38° en rocas ígneas y de 21° a 30° en rocas metamórficas.

- Parámetros geomecánicos adoptados para las discontinuidades:
 - o Complejo esquisto grauvaquico: Angulo de fricción 35 grados, y cohesión 1,0 kPa (0,1 ton/m²).

3.2. ANÁLISIS CINEMÁTICO DE ESTABILIDAD. ZONA DE LA TUBERIA FORZADA

3.2.1. TALUDES TRANSVERSALES

Basándose en las consideraciones del apartado anterior (3.1) se procede a realizar el análisis cinemático en cada elemento del proyecto, para valorar las posibles roturas según la fracturación del macizo rocoso. Las orientaciones de los distintos tramos a analizar se han reflejado en la tabla 4.

Las orientaciones de las distintas discontinuidades tomadas para el análisis han sido las siguientes:

Buzamiento	Dirección de buzamiento	Tipo de discontinuidad	Estación geomecánica
74	120	So	IR-9
76	124	So	IR-9
82	206	J1	IR-9
78	208	J1	IR-9
20	214	J2	IR-9
78	288	J4	IR-9
76	110	So	IR-8
74	112	So	IR-8
78	270	J4	IR-8
80	268	J4	IR-8
30	322	J5	IR-8
32	330	J5	IR-8
84	140	J3	IR-8
76	120	So	IR-7
74	124	So	IR-7
60	250	J2	IR-7
66	252	J2	IR-7
66	306	J4	IR-7
74	120	So	IR-6
76	126	So	IR-6
88	20	J1	IR-6
85	18	J1	IR-6
50	244	J2	IR-6
68	280	J4	IR-6
82	104	So	IR-5
80	100	So	IR-5
40	30	J5	IR-5
42	5	J5	IR-5
40	350	J5	IR-5
46	345	J5	IR-5
88	270	J4	IR-5

Buzamiento	Dirección de buzamiento	Tipo de discontinuidad	Estación geomecánica
80	116	So	IR-4
82	114	So	IR-4
86	224	J1-2	IR-4
82	230	J1-2	IR-4
60	244	J2	IR-4
60	240	J2	IR-4
80	190	J1-1	IR-4
80	108	So	IR-3
84	102	So	IR-3
28	300	J5	IR-3
30	310	J5	IR-3
82	294	J4	IR-3
84	290	J4	IR-3
80	100	So	IR-2
82	105	So	IR-2
88	190	J1-1	IR-2
86	192	J1-1	IR-2
20	282	J5	IR-2
22	284	J5	IR-2
82	326	J8	IR-2
84	102	So	IR-1
86	100	So	IR-1
14	28	J5	IR-1
20	20	J5	IR-1
90	320	J8	IR-1
88	324	J8	IR-1
88	132	J3	IR-1
72	288	J4	IR-1

Tabla 3. Orientaciones de las distintas discontinuidades consideradas

Una vez realizados los distintos análisis de estabilidad, se presenta una tabla con el resumen de las probabilidades de los distintos tipos de roturas. Analizando las mayores probabilidades junto con los tipos de discontinuidades, definimos la rotura pésima. Posteriormente, en la sección de Cálculos de estabilidad se resumen los análisis de roturas que se detallan en el anejo “Cálculos de Estabilidad”. Se entrega Excel aparte para su correcta visualización.

TRAMIFICACION								
TRAMO	PK inicial	PK final	TALUD DERECHO			TALUD IZQUIERDO		
			Hmax (m)	Dirección de buzamiento	Buzamiento	Hmax (m)	Dirección de buzamiento	Buzamiento
T-1	0+012,4	0+019,78	6,27	N357E	76	2,80	N177E	76
T-2	0+019,78	0+036,57	3,00	N320E	76	3,00	N140E	76
T-3	0+036,57	0+099,19	6,44	N360E	76	3,60	N180E	76
T-4	0+099,19	0+144,22	5,85	N007E	76	3,62	N187E	76
T-5	0+144,22	0+176	7,00	N016E	76	4,10	N196E	76
T-6	0+176	0+202	7,00	N005E	76	4,70	N185E	76

Tabla 4. Tramificación de los taludes transversales de la tubería

3.2.1.1. TALUD DERECHO

TRAMO	TALUD	PK INICIAL	PK FINAL	Dirección de buzamiento	Buzamiento (grados)	COMPROBACION DE LA ESTABILIDAD SEGÚN LA INCLINACION DE LOS TALUDES														
						Rotura plana						Rotura por vuelco de estratos						Rotura por cuñas		
						número de discontinuidades críticas	Total de discontinuidades medidas	Porcentaje %	Total de discontinuidades implicadas en la rotura	Tipo de discontinuidades implicadas en la rotura	Porcentaje %	número de discontinuidades críticas	Total de discontinuidades medidas	Porcentaje %	Total de discontinuidades implicadas en la rotura	Tipo de discontinuidades implicadas en la rotura	Porcentaje %	número de cuñas críticas	Total de cuñas formadas	Porcentaje %
T-1	Derecho	0+012,4	0+019,78	N357E	76	3	59	5,08	12	Junta	25,00	3	59	5,08	7	Juntas	42,86	13	91	14,29
T-2	Derecho	0+019,78	0+036,57	N320E	76	1	59	1,69	9	Junta	11,11	8	59	13,56	20	Estratificación	40,00	8	91	8,79
T-3	Derecho	0+036,57	0+099,19	N360E	76	3	59	5,08	12	Junta	25,00	3	59	5,08	7	Juntas	42,86	16	91	17,58
T-4	Derecho	0+099,19	0+144,22	N007E	76	3	59	5,08	12	Junta	25,00	3	59	5,08	7	Juntas	42,86	16	91	17,58
T-5	Derecho	0+144,22	0+176	N016E	76	2	59	3,39	12	Junta	16,67	5	59	8,47	7	Juntas	71,43	14	91	15,38
T-6	Derecho	0+176	0+202	N005E	76	3	59	5,08	12	Junta	25,00	3	59	5,08	7	Juntas	42,86	17	91	18,68

Tabla 5. Resumen de los distintos análisis cinemáticos realizados

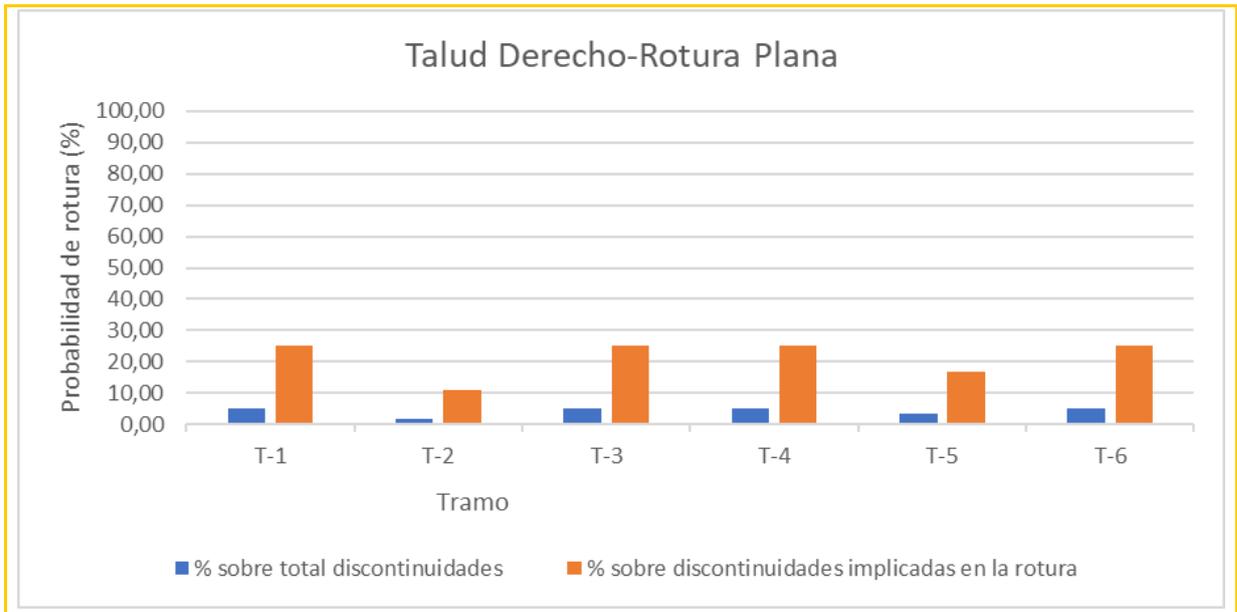


Imagen 12. Probabilidades de rotura plana

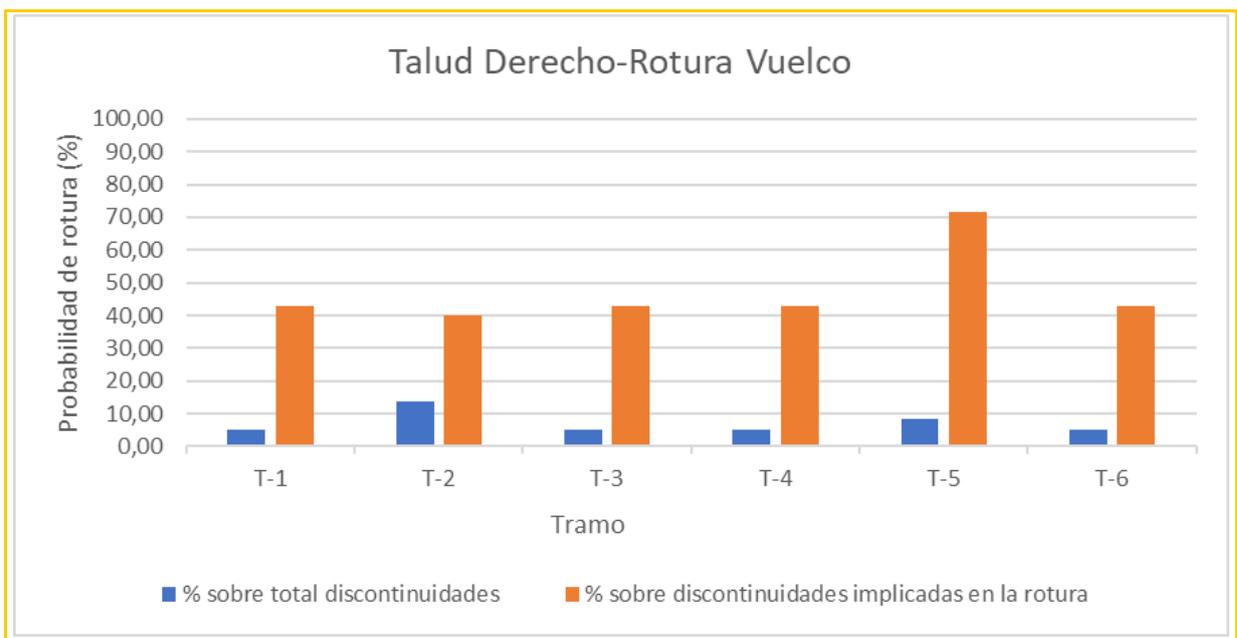


Imagen 13. Probabilidades de rotura por vuelco

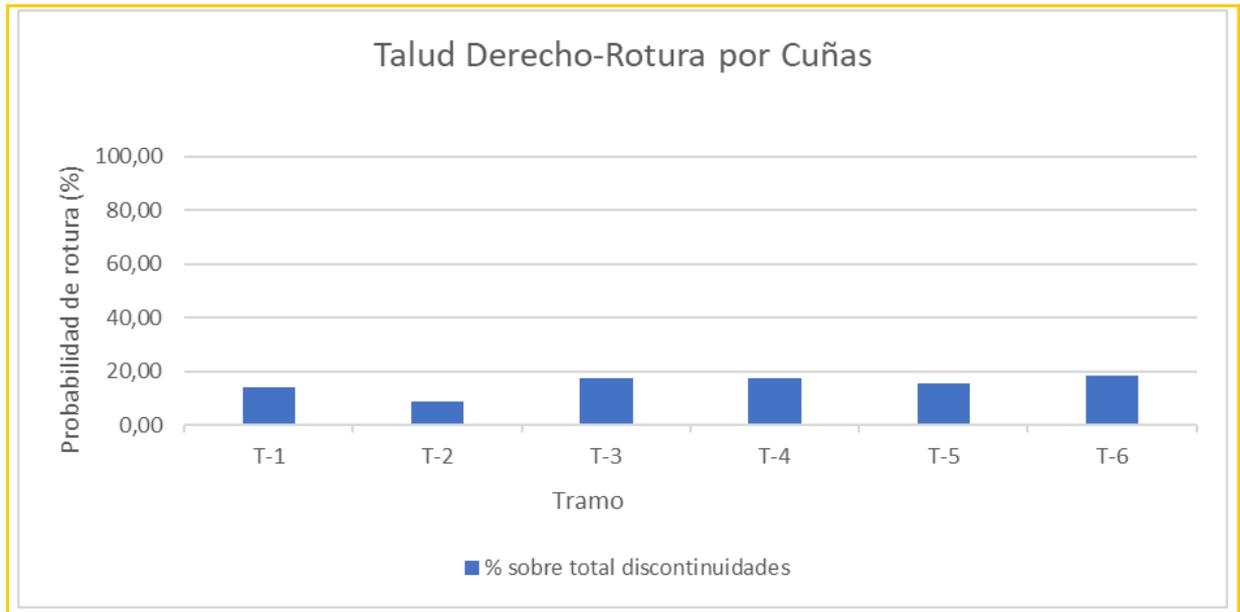


Imagen 14. Probabilidades de rotura por cuñas

3.2.2. TALUD IZQUIERDO

TRAMO	TALUD	PK INICIAL	PK FINAL	Dirección de buzamiento	Buzamiento (grados)	COMPROBACION DE LA ESTABILIDAD SEGÚN LA INCLINACION DE LOS TALUDES														
						Rotura plana						Rotura por vuelco de estratos						Rotura por cuñas		
						número de discontinuidades críticas	Total de discontinuidades medidas	Porcentaje %	Total de discontinuidades implicadas en la rotura	Tipo de discontinuidades implicadas en la rotura	Porcentaje %	número de discontinuidades críticas	Total de discontinuidades medidas	Porcentaje %	Total de discontinuidades implicadas en la rotura	Tipo de discontinuidades implicadas en la rotura	Porcentaje %	número de cuñas críticas	Total de cuñas formadas	Porcentaje %
T-1	Izquierdo	0+012,4	0+019,78	N177E	76	0	59	0,00	12		0,00	0	59	0,00	7	Juntas	0,00	10	91	10,99
T-2	Izquierdo	0+019,78	0+036,57	N140E	76	3	59	5,08	18	Estratificación	16,67	4	59	6,78	12	Juntas	33,33	6	91	6,59
T-3	Izquierdo	0+036,57	0+099,19	N180E	76	0	59	0,00	12	Junta	0,00	0	59	0,00	12	Juntas	0,00	10	91	10,99
T-4	Izquierdo	0+099,19	0+144,22	N187E	76	0	59	0,00	12	Junta	0,00	2	59	3,39	14	Juntas	14,29	8	91	8,79
T-5	Izquierdo	0+144,22	0+176	N196E	76	0	59	0,00	12	Junta	0,00	2	59	3,39	14	Juntas	14,29	8	91	8,79
T-6	Izquierdo	0+176	0+202	N185E	76	0	59	0,00	12	Junta	0,00	2	59	3,39	14	Juntas	14,29	8	91	8,79

Tabla 6. Resumen de los distintos análisis cinemáticos realizados

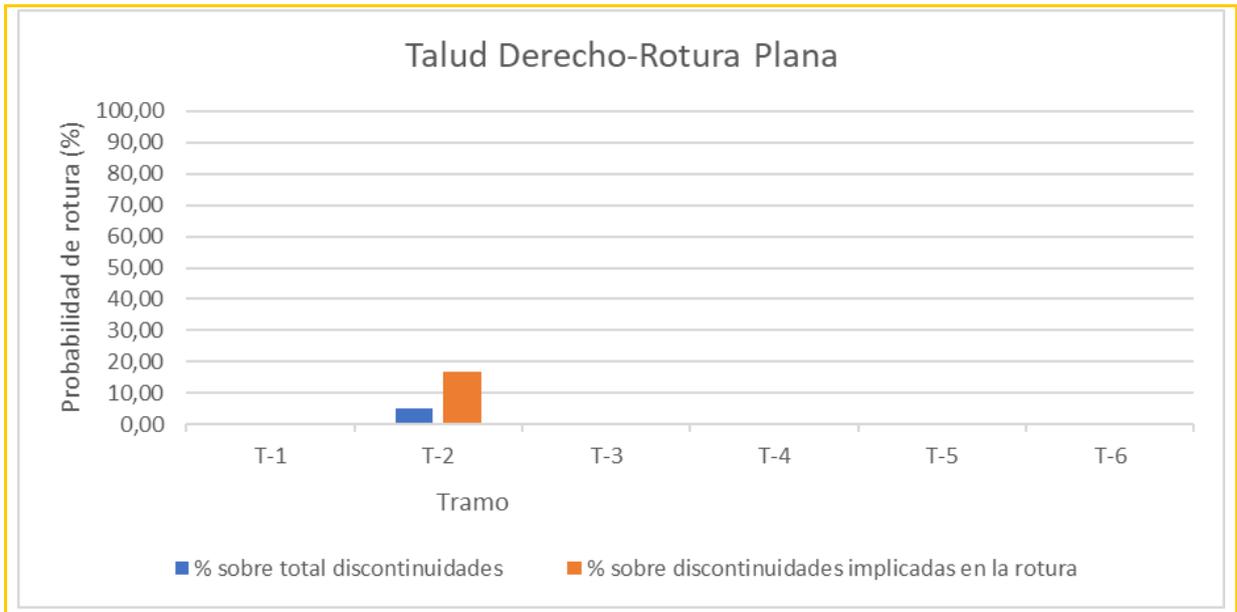


Imagen 15. Probabilidades de rotura plana

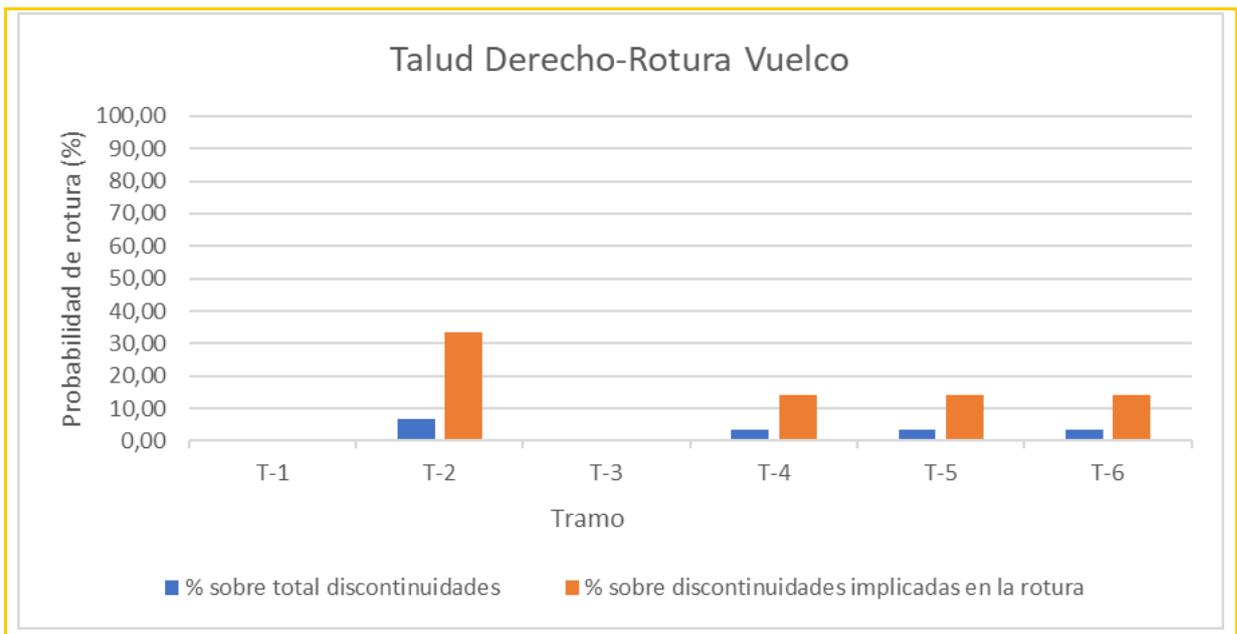


Imagen 16. Probabilidades de rotura por vuelco

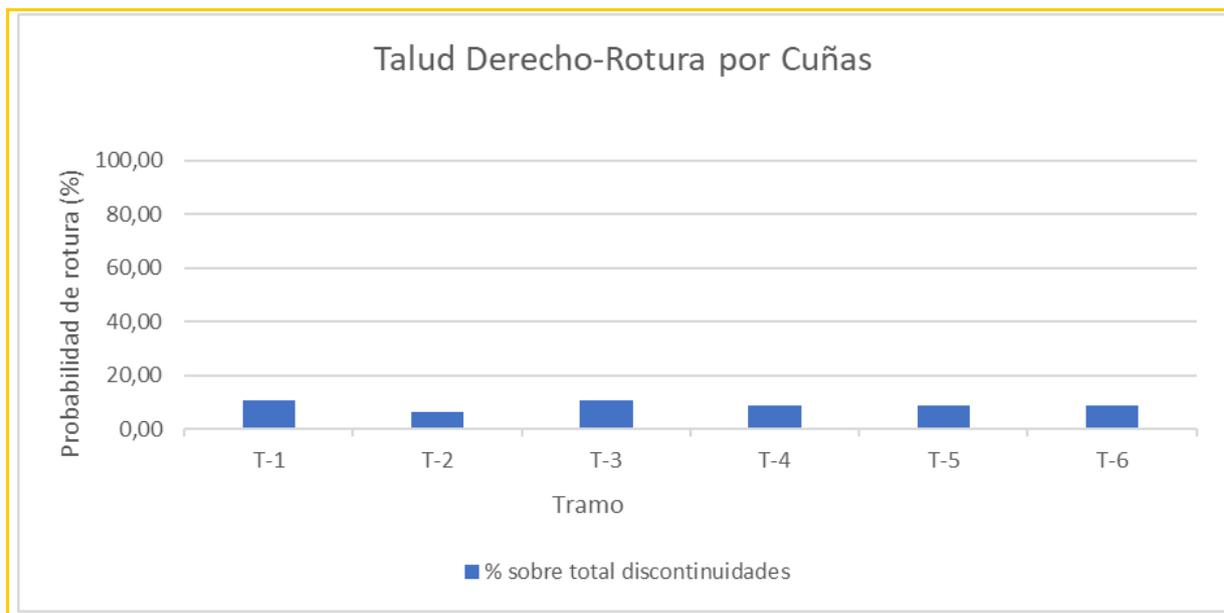


Imagen 17. Probabilidades de rotura por cuñas

3.3. ANÁLISIS CINEMÁTICO DE ESTABILIDAD. ZONA DE LA CENTRAL. TALUDES LONGITUDINALES

3.3.1. TALUD LONGITUDINAL

Las orientaciones de las distintas discontinuidades tomadas para el análisis han sido las siguientes:

Buzamiento	Dirección de buzamiento	Tipo de discontinuidad	Estación geomecánica
74	120	So	IR-9
76	124	So	IR-9
82	206	J1	IR-9
78	208	J1	IR-9
20	214	J2	IR-9
78	288	J4	IR-9
76	110	So	IR-8
74	112	So	IR-8
78	270	J4	IR-8
80	268	J4	IR-8
30	322	J5	IR-8
32	330	J5	IR-8
84	140	J3	IR-8
76	120	So	IR-7
74	124	So	IR-7
60	250	J2	IR-7
66	252	J2	IR-7
66	306	J4	IR-7
74	120	So	IR-6
76	126	So	IR-6
88	20	J1	IR-6
85	18	J1	IR-6
50	244	J2	IR-6
68	280	J4	IR-6
82	104	So	IR-5
80	100	So	IR-5
40	30	J5	IR-5
42	5	J5	IR-5
40	350	J5	IR-5
46	345	J5	IR-5
88	270	J4	IR-5

Buzamiento	Dirección de buzamiento	Tipo de discontinuidad	Estación geomecánica
80	116	So	IR-4
82	114	So	IR-4
86	224	J1-2	IR-4
82	230	J1-2	IR-4
60	244	J2	IR-4
60	240	J2	IR-4
80	190	J1-1	IR-4
80	108	So	IR-3
84	102	So	IR-3
28	300	J5	IR-3
30	310	J5	IR-3
82	294	J4	IR-3
84	290	J4	IR-3
80	100	So	IR-2
82	105	So	IR-2
88	190	J1-1	IR-2
86	192	J1-1	IR-2
20	282	J5	IR-2
22	284	J5	IR-2
82	326	J8	IR-2
84	102	So	IR-1
86	100	So	IR-1
14	28	J5	IR-1
20	20	J5	IR-1
90	320	J8	IR-1
88	324	J8	IR-1
88	132	J3	IR-1
72	288	J4	IR-1

Tabla 7. Orientaciones de las distintas discontinuidades consideradas

TRAMO	TALUD	Dirección de buzamiento	Buzamiento (grados)
Longitudinal	NW	N120E	76
	SE	N300E	76

TRAMO	TALUD	Dirección de buzamiento	Buzamiento (grados)	COMPROBACION DE LA ESTABILIDAD SEGÚN LA INCLINACION DE LOS TALUDES														
				Rotura plana						Rotura por vuelco de estratos						Rotura por cuñas		
Longitudinal	NW	N120E	76	4	59	6,78	18	Estratificación	22,22	6	59	10,17	9	Juntas	66,67	7	91	7,69
	SE	N300E	76	3	59	5,08	9	Juntas	33,33	18	59	30,51	18	Juntas	100,00	13	91	14,29

Tabla 8. Resumen de los distintos análisis cinemáticos realizados

3.3.1.1. TALUD NOROESTE

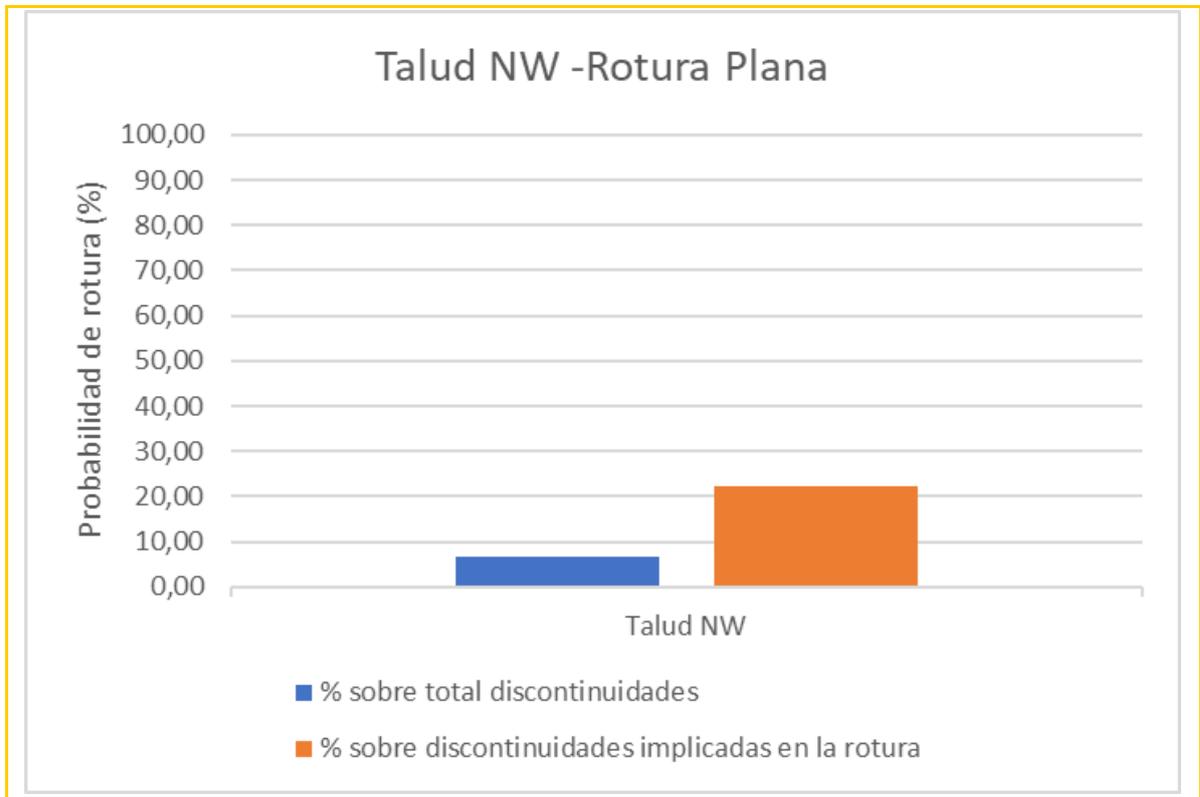


Imagen 18. Probabilidad de rotura plana

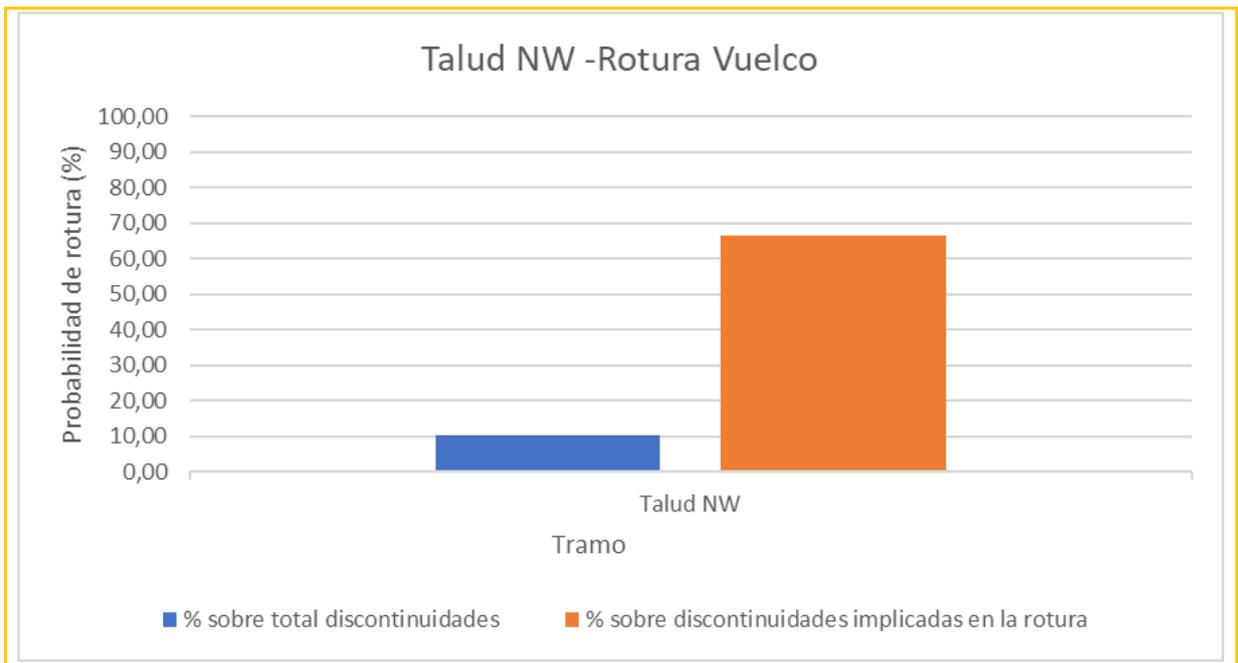


Imagen 19. Probabilidad de rotura por vuelco de estratos

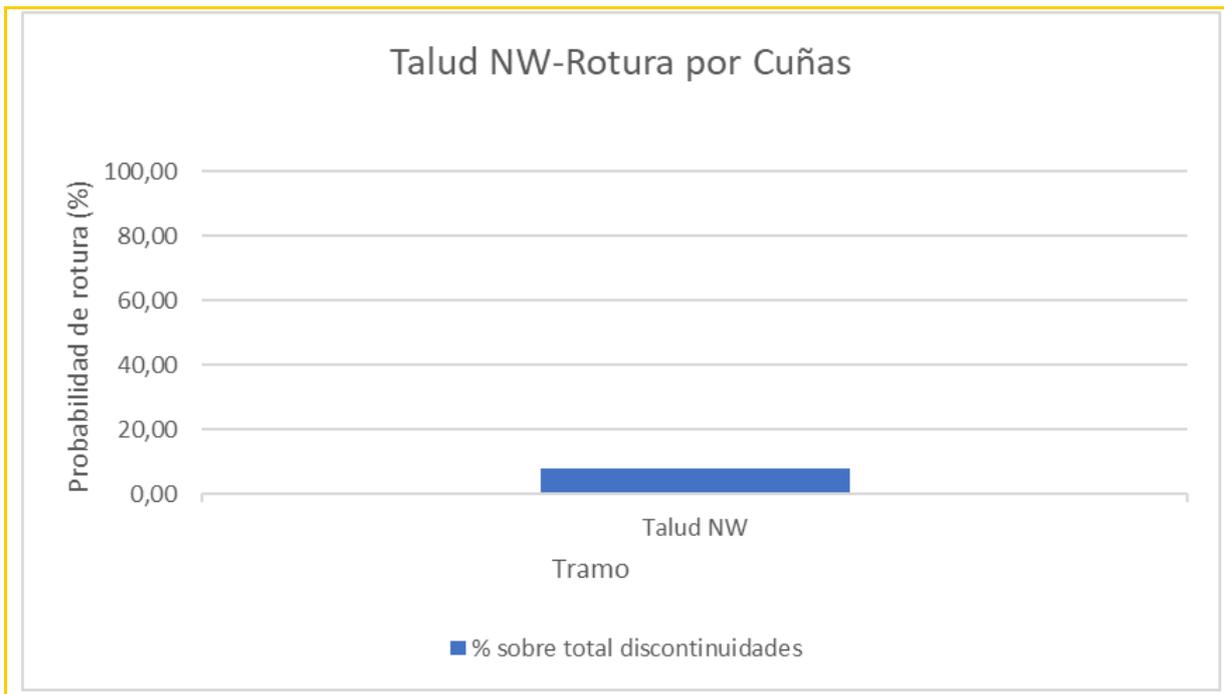


Imagen 20. Probabilidad de rotura por cuñas

3.3.1.2. TALUD SURESTE

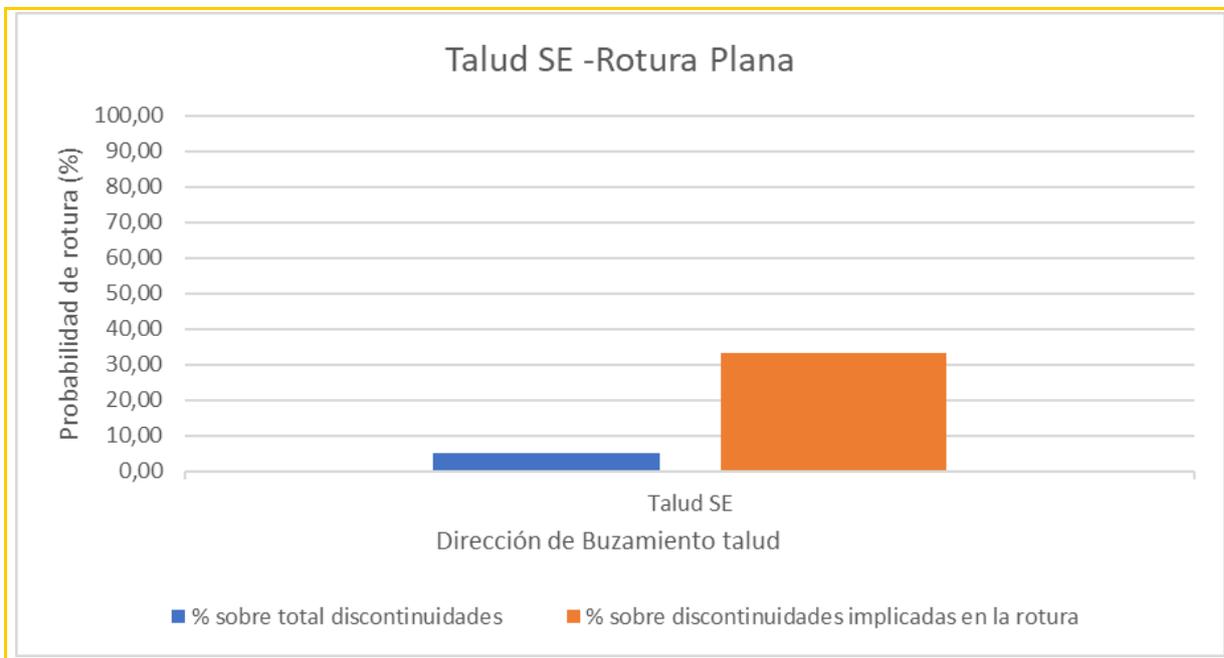


Imagen 21. Probabilidad de rotura por cuñas

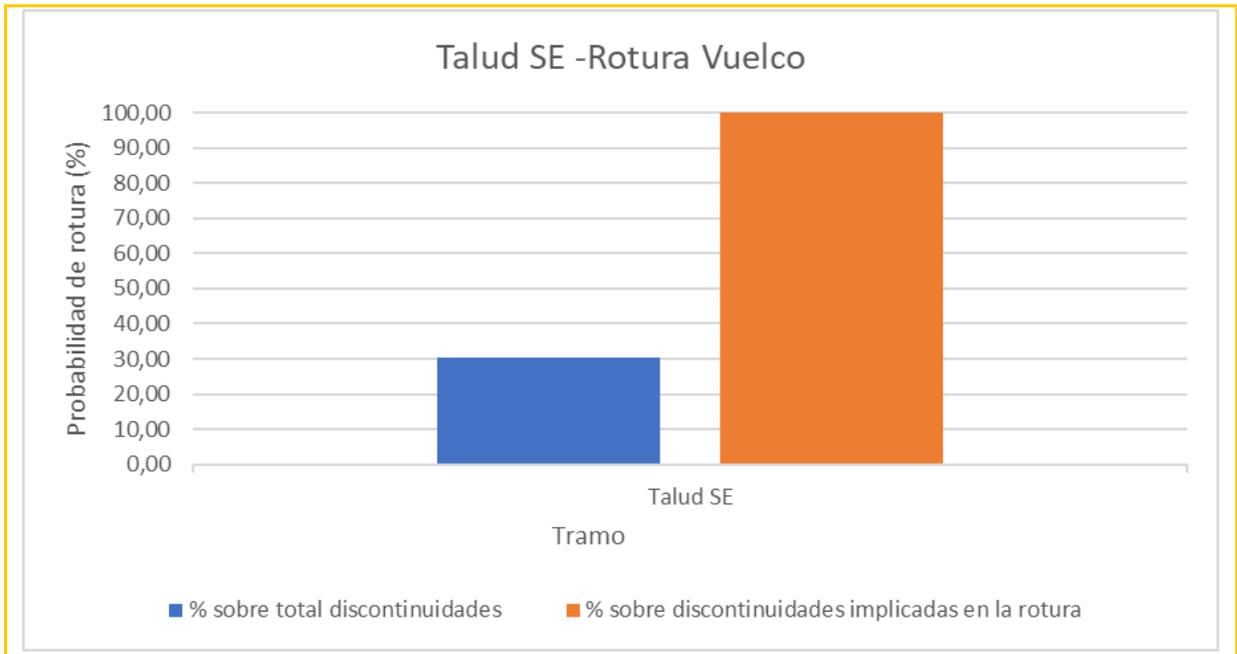


Imagen 22. Probabilidad de rotura por vuelco de estratos

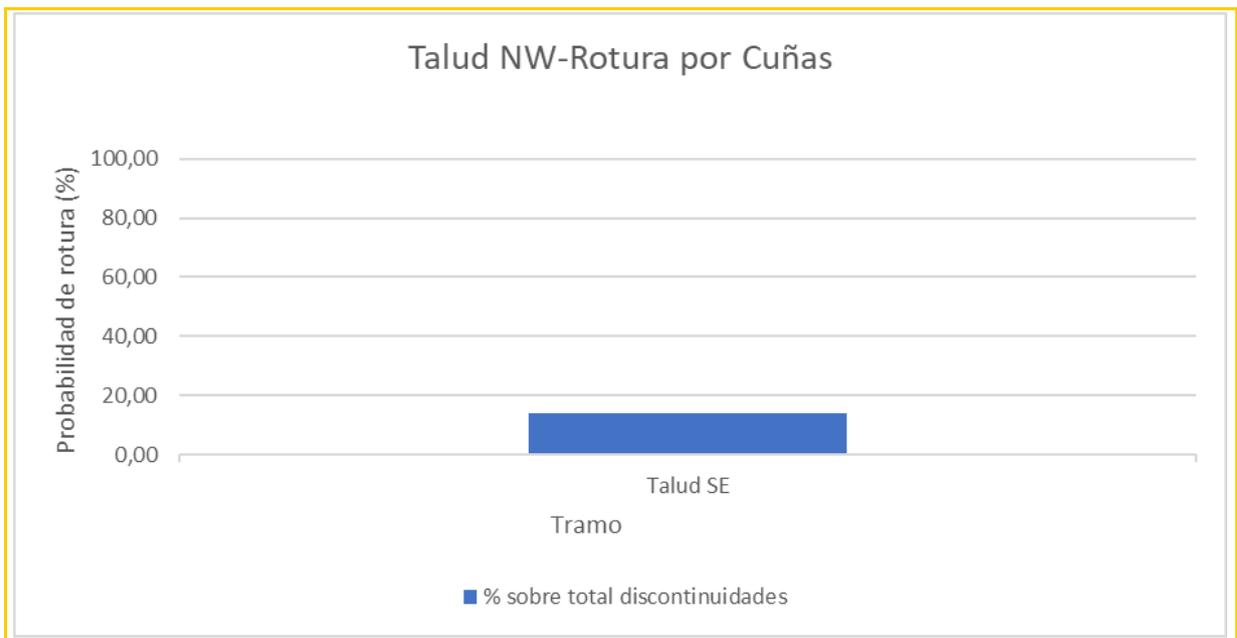


Imagen 23. Probabilidad de rotura por cuñas

3.3.2. TALUD TRANSVERSAL

Las orientaciones de las distintas discontinuidades tomadas para el análisis han sido las siguientes:

Buzamiento	Dirección de buzamiento	Tipo de discontinuidad	Estación geomecánica
74	120	So	IR-9
76	124	So	IR-9
82	206	J1	IR-9
78	208	J1	IR-9
20	214	J2	IR-9
78	288	J4	IR-9
76	110	So	IR-8
74	112	So	IR-8
78	270	J4	IR-8
80	268	J4	IR-8
30	322	J5	IR-8
32	330	J5	IR-8
84	140	J3	IR-8
76	120	So	IR-7
74	124	So	IR-7
60	250	J2	IR-7
66	252	J2	IR-7
66	306	J4	IR-7
74	120	So	IR-6
76	126	So	IR-6
88	20	J1	IR-6
85	18	J1	IR-6
50	244	J2	IR-6
68	280	J4	IR-6
82	104	So	IR-5
80	100	So	IR-5
40	30	J5	IR-5
42	5	J5	IR-5
40	350	J5	IR-5
46	345	J5	IR-5
88	270	J4	IR-5

Buzamiento	Dirección de buzamiento	Tipo de discontinuidad	Estación geomecánica
80	116	So	IR-4
82	114	So	IR-4
86	224	J1-2	IR-4
82	230	J1-2	IR-4
60	244	J2	IR-4
60	240	J2	IR-4
80	190	J1-1	IR-4
80	108	So	IR-3
84	102	So	IR-3
28	300	J5	IR-3
30	310	J5	IR-3
82	294	J4	IR-3
84	290	J4	IR-3
80	100	So	IR-2
82	105	So	IR-2
88	190	J1-1	IR-2
86	192	J1-1	IR-2
20	282	J5	IR-2
22	284	J5	IR-2
82	326	J8	IR-2
84	102	So	IR-1
86	100	So	IR-1
14	28	J5	IR-1
20	20	J5	IR-1
90	320	J8	IR-1
88	324	J8	IR-1
88	132	J3	IR-1
72	288	J4	IR-1

Tabla 9. Orientaciones de las distintas discontinuidades consideradas

TRAMO	TALUD	Dirección de buzamiento	Buzamiento (grados)
Transversal	NE	N210E	34
	SW	N30E	76

TRAMO	TALUD	Dirección de buzamiento	Buzamiento (grados)	COMPROBACION DE LA ESTABILIDAD SEGÚN LA INCLINACION DE LOS TALUDES														
				Rotura plana						Rotura por vuelco de estratos						Rotura por cuñas		
				número de discontinuidades críticas	Total de discontinuidades medidas	Porcentaje %	Total de discontinuidades implicadas en la rotura	Tipo de discontinuidades implicadas en la rotura	Porcentaje %	número de discontinuidades críticas	Total de discontinuidades medidas	Porcentaje %	Total de discontinuidades implicadas en la rotura	Tipo de discontinuidades implicadas en la rotura	Porcentaje %	número de cuñas críticas	Total de cuñas formadas	Porcentaje %
Transversal	NE	N210E	34	0	59	0,00	12	Juntas	0,00	0	59	0,00	5	Juntas	0,00	0	105	0,00
	SW	N30E	76	1	59	1,69	12	Juntas	8,33	6	59	10,17	7	Juntas	85,71	24	105	22,86

Tabla 10. Resumen de los distintos análisis cinemáticos realizados

3.3.2.1. TALUD NORESTE

Para el talud de inclinación 34 grados no se producen roturas.

3.3.2.2. TALUD SUROESTE

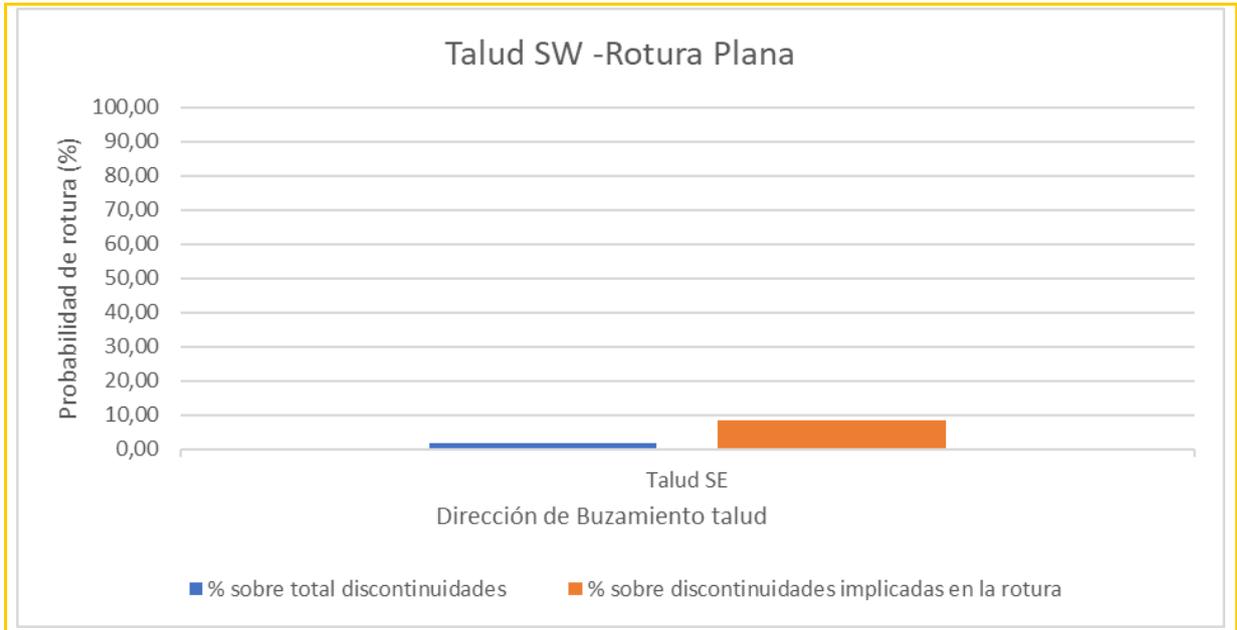


Imagen 24. Probabilidad de rotura plana

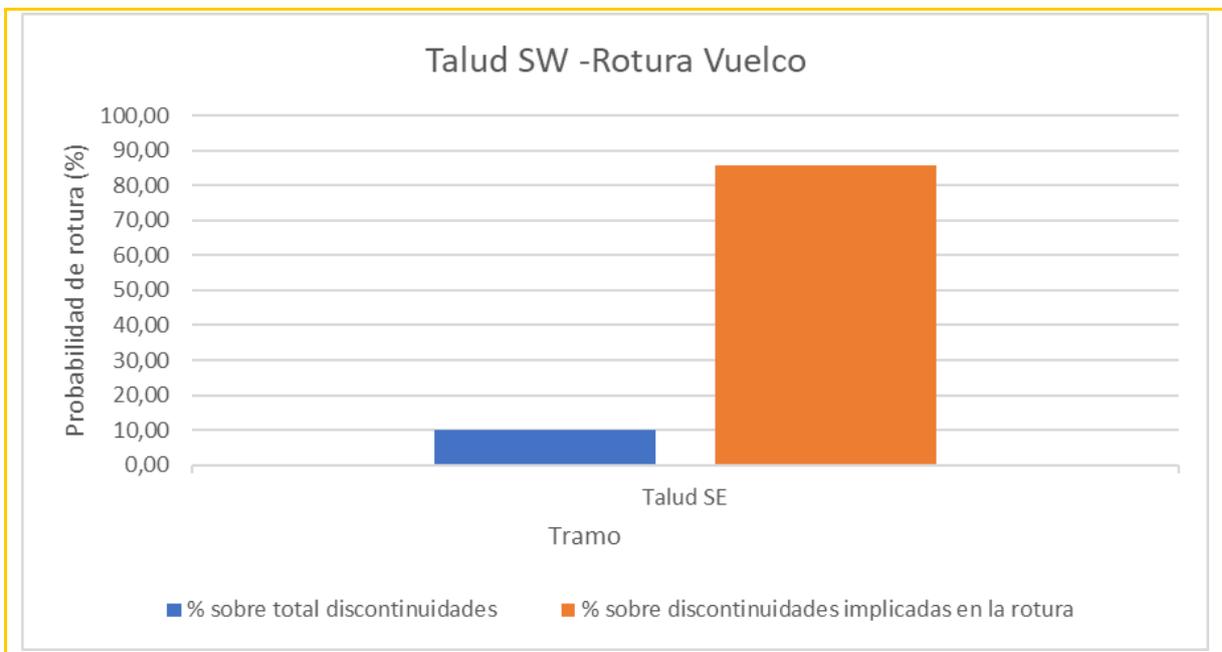


Imagen 25. Probabilidad de rotura por vuelco de estratos

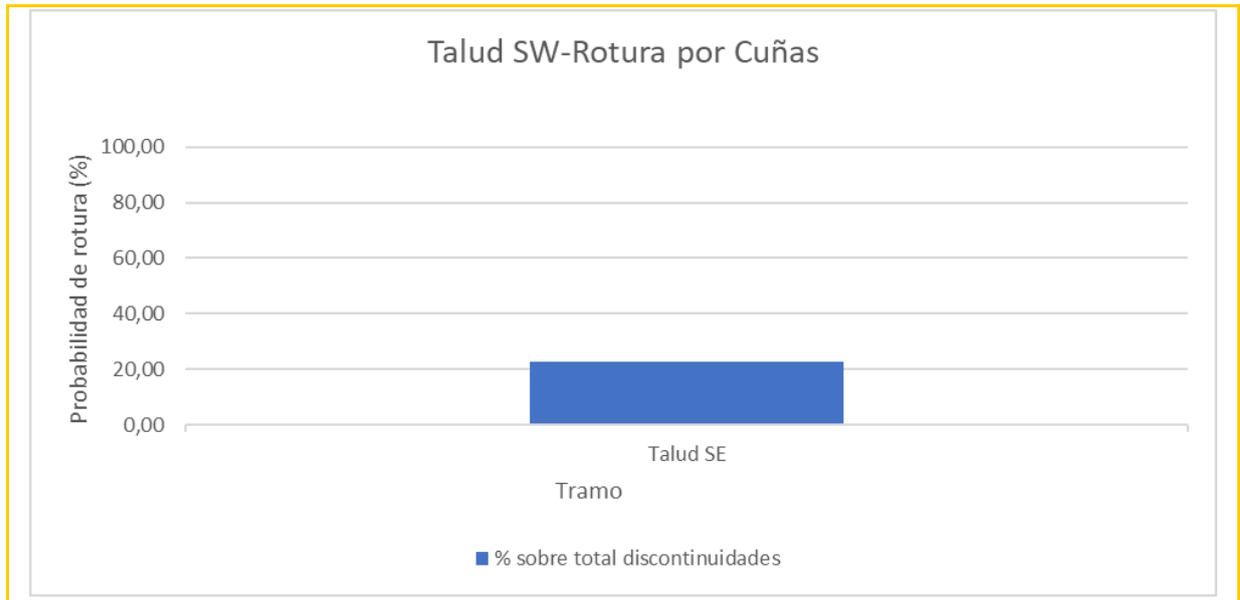


Imagen 26. Probabilidad de rotura por cuñas

3.4. ANÁLISIS CINEMÁTICO DE ESTABILIDAD. CANALES DE DESCARGA

3.4.1. TALUD TRANSVERSAL

Las orientaciones de las distintas discontinuidades tomadas para el análisis han sido las siguientes:

Buzamiento	Dirección de buzamiento	Tipo de discontinuidad	Estación geomecánica
74	120	So	IR-9
76	124	So	IR-9
82	206	J1	IR-9
78	208	J1	IR-9
20	214	J2	IR-9
78	288	J4	IR-9
76	110	So	IR-8
74	112	So	IR-8
78	270	J4	IR-8
80	268	J4	IR-8
30	322	J5	IR-8
32	330	J5	IR-8
84	140	J3	IR-8
76	120	So	IR-7
74	124	So	IR-7
60	250	J2	IR-7
66	252	J2	IR-7
66	306	J4	IR-7
74	120	So	IR-6
76	126	So	IR-6
88	20	J1	IR-6
85	18	J1	IR-6
50	244	J2	IR-6
68	280	J4	IR-6
82	104	So	IR-5
80	100	So	IR-5
40	30	J5	IR-5
42	5	J5	IR-5
40	350	J5	IR-5
46	345	J5	IR-5
88	270	J4	IR-5

Buzamiento	Dirección de buzamiento	Tipo de discontinuidad	Estación geomecánica
80	116	So	IR-4
82	114	So	IR-4
86	224	J1-2	IR-4
82	230	J1-2	IR-4
60	244	J2	IR-4
60	240	J2	IR-4
80	190	J1-1	IR-4
80	108	So	IR-3
84	102	So	IR-3
28	300	J5	IR-3
30	310	J5	IR-3
82	294	J4	IR-3
84	290	J4	IR-3
80	100	So	IR-2
82	105	So	IR-2
88	190	J1-1	IR-2
86	192	J1-1	IR-2
20	282	J5	IR-2
22	284	J5	IR-2
82	326	J8	IR-2
84	102	So	IR-1
86	100	So	IR-1
14	28	J5	IR-1
20	20	J5	IR-1
90	320	J8	IR-1
88	324	J8	IR-1
88	132	J3	IR-1
72	288	J4	IR-1

Tabla 11. Orientaciones de las distintas discontinuidades consideradas

TRAMO	TALUD	Dirección de buzamiento	Buzamiento (grados)	COMPROBACION DE LA ESTABILIDAD SEGÚN LA INCLINACION DE LOS TALUDES														
				Rotura plana						Rotura por vuelco de estratos						Rotura por cuñas		
				número de discontinuidades críticas	Total de discontinuidades medidas	Porcentaje %	Total de discontinuidades implicadas en la rotura	Tipo de discontinuidades implicadas en la rotura	Porcentaje %	número de discontinuidades críticas	Total de discontinuidades medidas	Porcentaje %	Total de discontinuidades implicadas en la rotura	Tipo de discontinuidades implicadas en la rotura	Porcentaje %	número de cuñas críticas	Total de cuñas formadas	Porcentaje %
Transversal	Derecho	N300E	76	4	59	6,78	18	Estratificación	22,22	6	59	10,17	9	Juntas	66,67	5	91	5,49
	Izquierdo	N120E	76	3	59	5,08	9	Estratificación	33,33	19	59	32,20	20	Juntas	95,00	9	91	9,89

Tabla 12. Resumen de los distintos análisis cinemáticos realizados

3.4.1.1. TALUD DERECHO

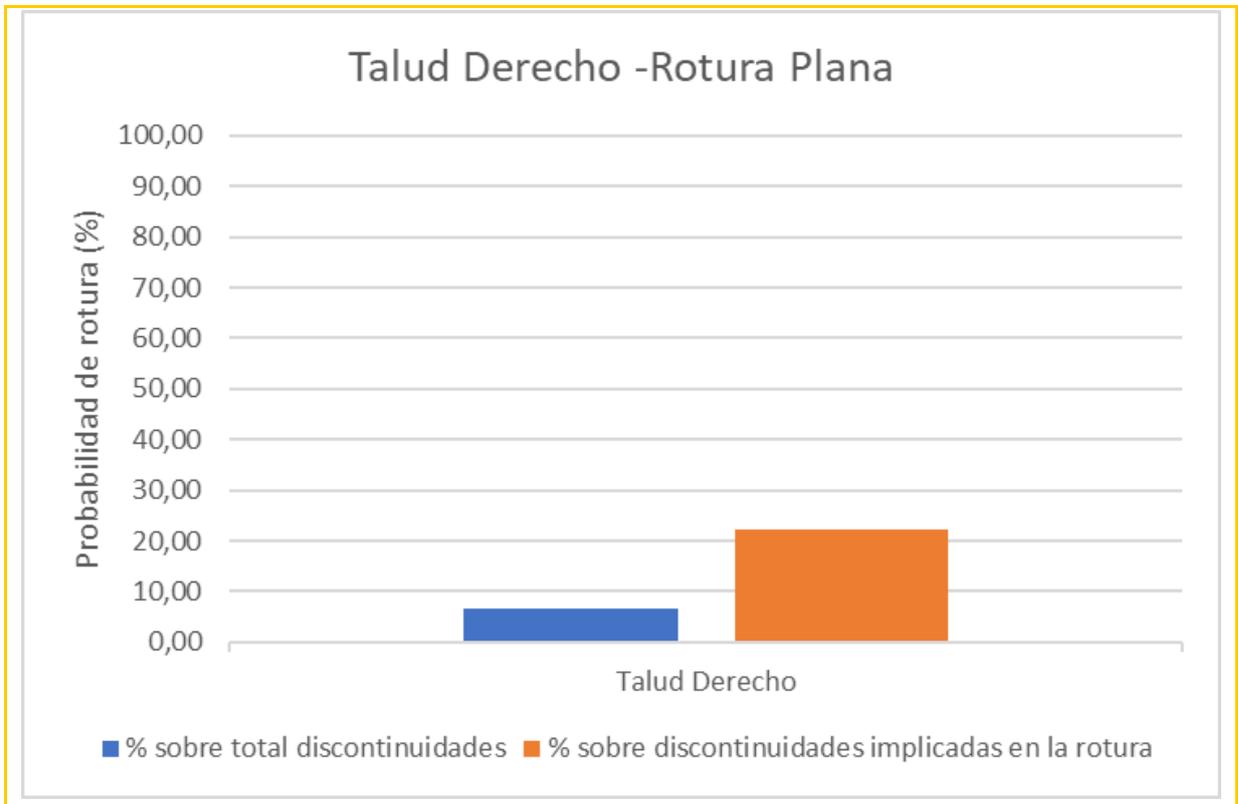


Imagen 27. Probabilidad de rotura plana

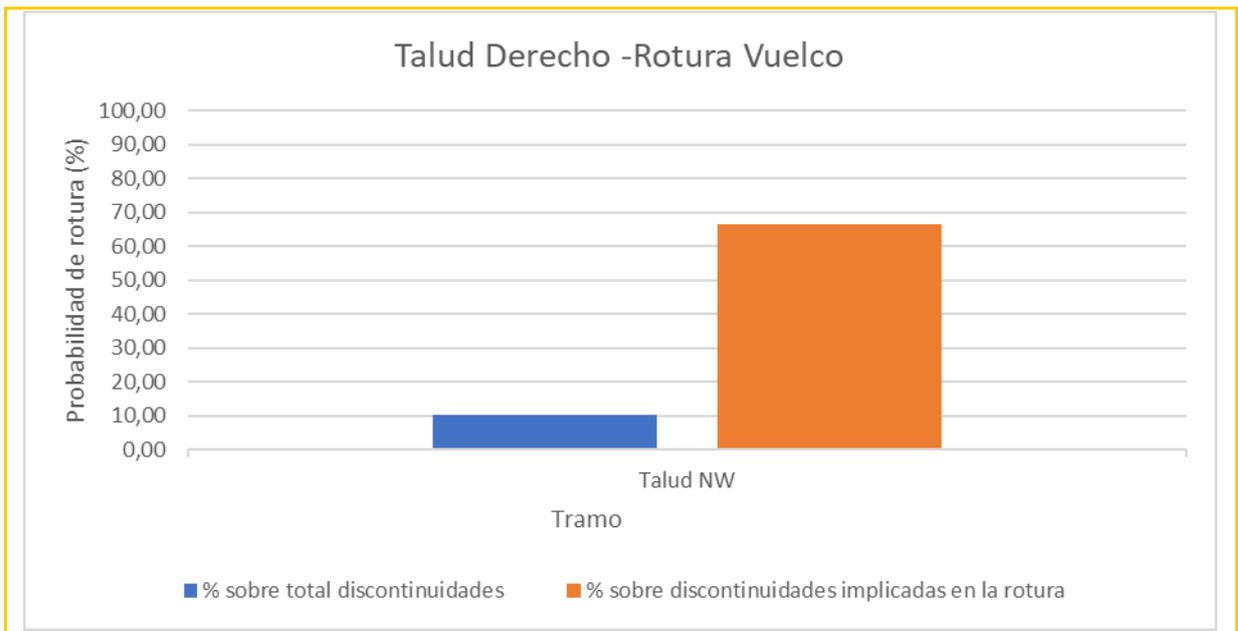


Imagen 28. Probabilidad de rotura por vuelco de estratos

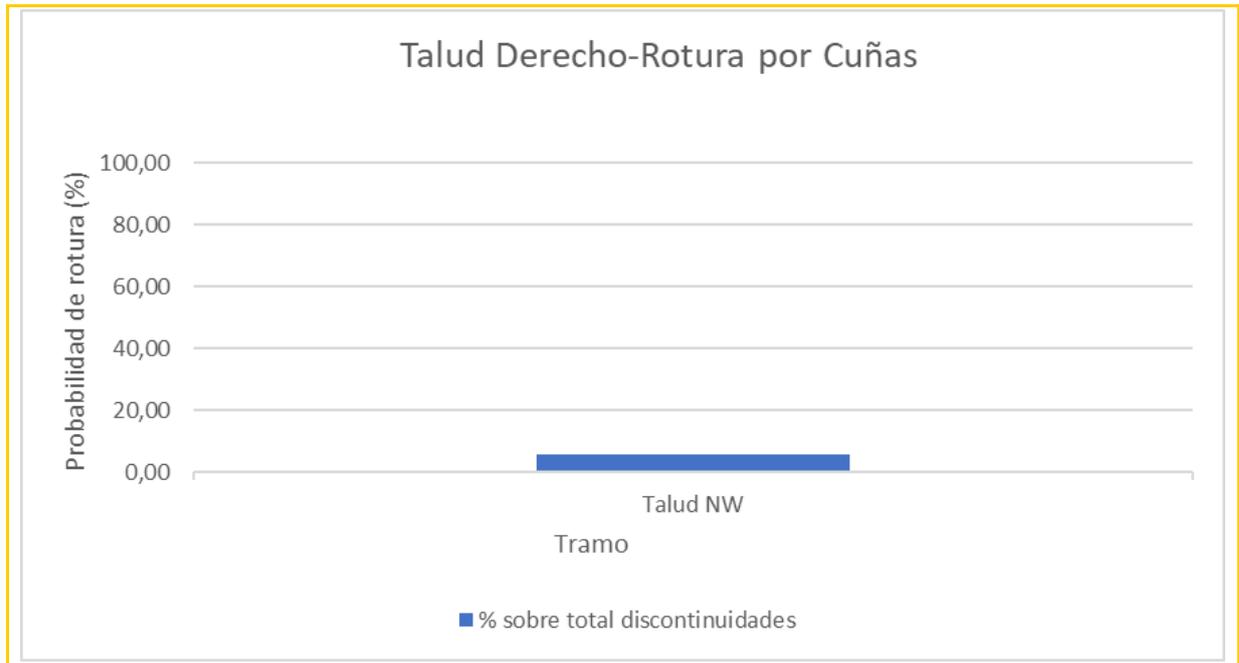


Imagen 29. Probabilidad de rotura por cuñas

3.4.1.2. TALUD IZQUIERDO

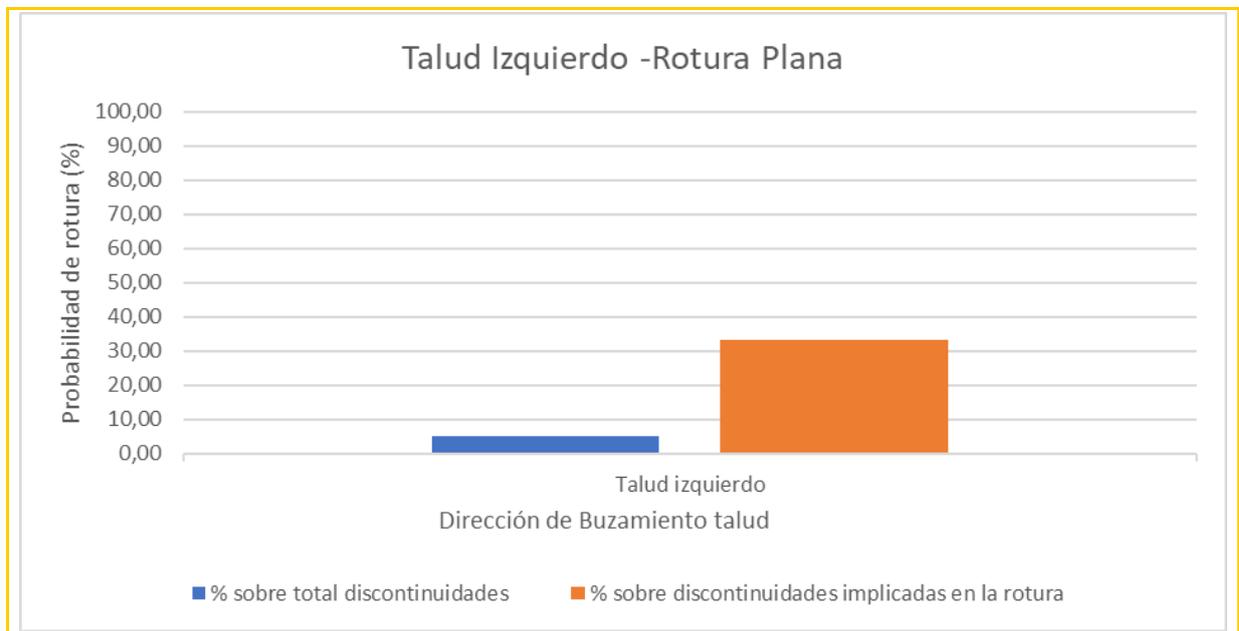


Imagen 30. Probabilidad de rotura plana

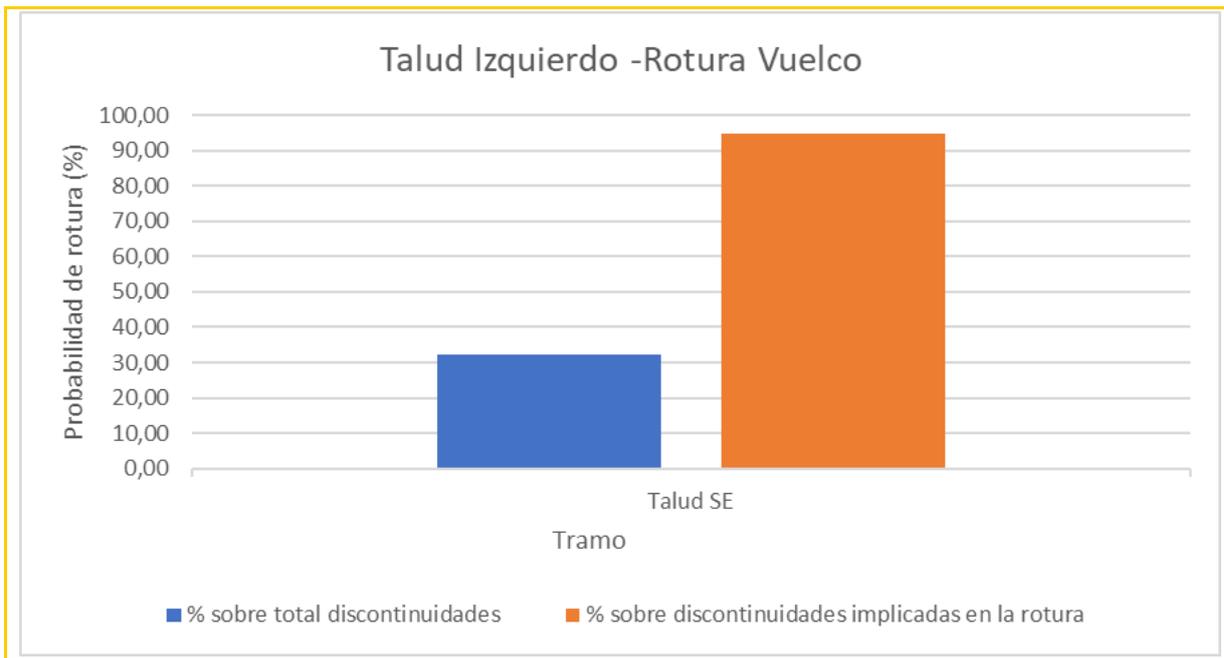


Imagen 31. Probabilidad de rotura pOr vuelco de estratos

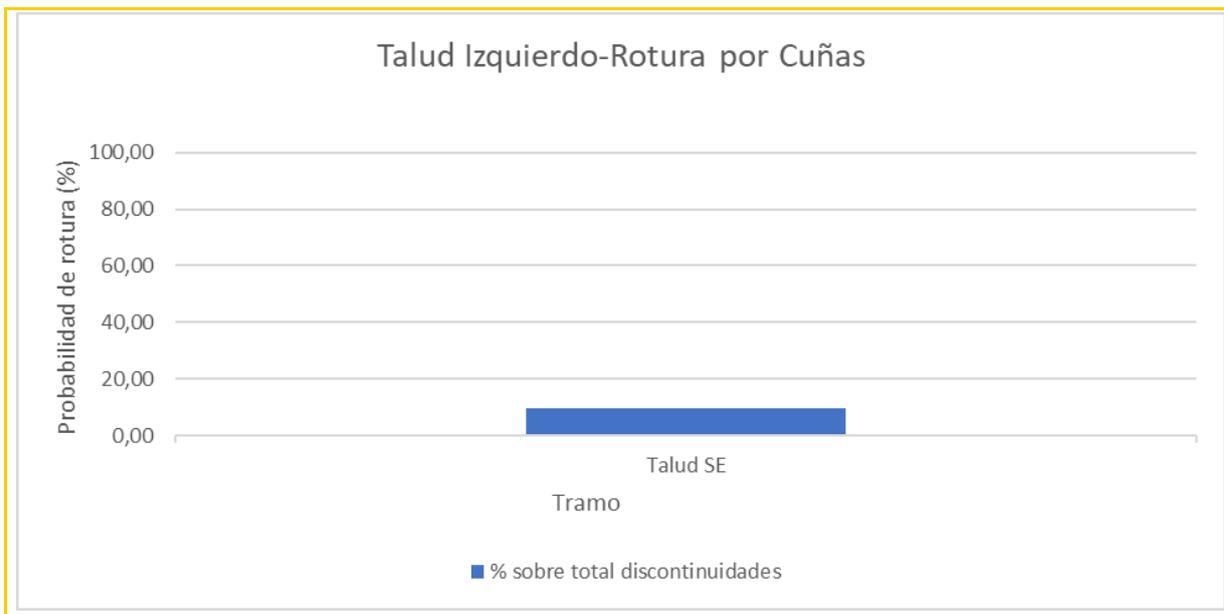


Imagen 32. Probabilidad de rotura por cuñas

3.5. CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

Para la rotura pésima considerada, de los análisis cinemáticos, se realiza el cálculo de estabilidad considerando el talud de proyecto y los parámetros resistentes de las juntas según se definieron en el apartado 3.1.

Como se ha comentado, se computan las probabilidades de rotura con el tipo de discontinuidades que la produce, ya que las posibilidades de rotura plana por juntas con baja o media continuidad son escasas, lo mismo para la rotura por vuelco de estratos, quedando en estos casos la tipología de rotura por cuñas como la pésima a analizar.

Una vez realizado el cálculo, si el factor de seguridad obtenido es igual o superior a 1.3, se considera estable y no requiere sostenimiento.

Si el factor de seguridad resultante es inferior a 1.3, se introduce un elemento estabilizador para alcanzar un factor de seguridad igual o superior a 1,3. Este elemento estabilizador se manifiesta en un módulo de anclaje con el que se distribuyen las cargas y tipo de anclaje.

Este procedimiento se utiliza para cada tipología de rotura, considerando siempre la pésima. A continuación, se muestran los cálculos tipo y un resumen de los resultados obtenidos.

3.5.1. CÁLCULOS DE ESTABILIDAD EN SUSTRATO ROCOSO

3.5.1.1. ROTURA PLANA. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

Se procede al cálculo de la rotura tipo planar, con el siguiente resultado:

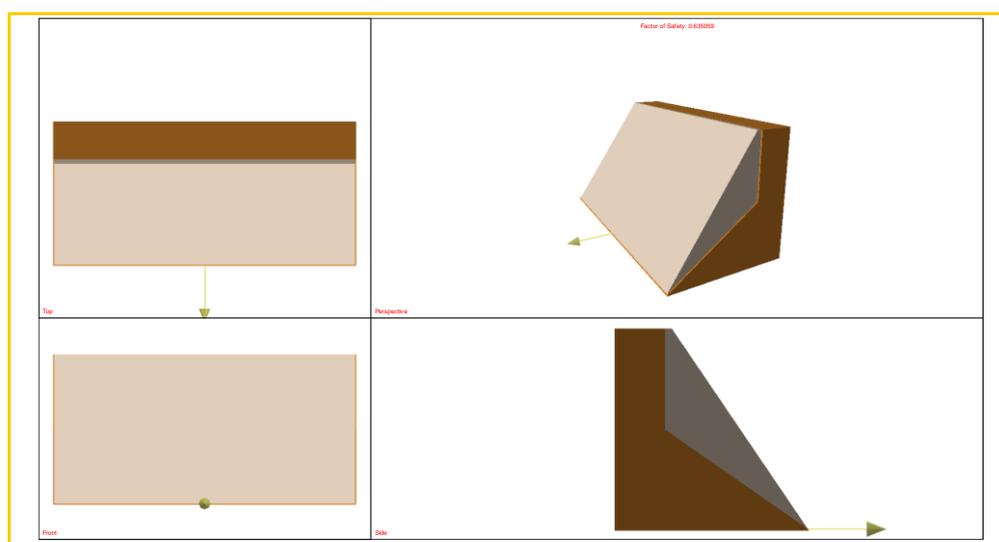


Imagen 33. Modelo de rotura plana en distintas vistas. Caso general

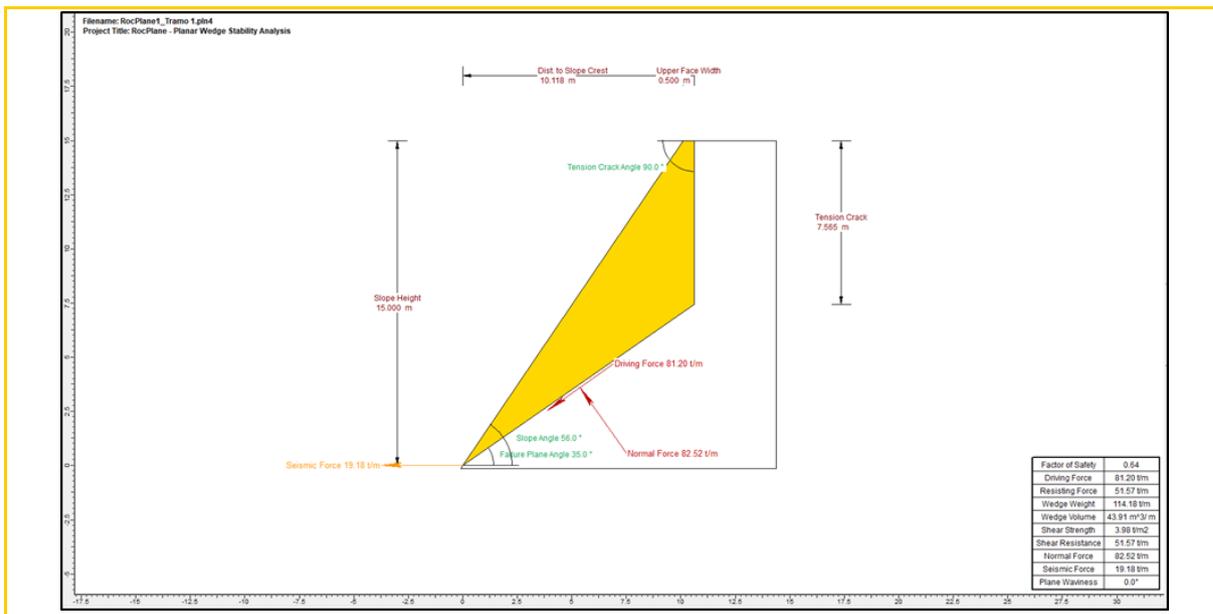


Imagen 34. Rotura planar. Resultado del análisis de estabilidad. Caso general

Como se puede observar en la imagen superior, el factor de seguridad obtenido es de 0.63, por lo que se realiza un segundo cálculo introduciendo un elemento estabilizador, anclaje, para elevar el factor de seguridad a 1,3.

Se introduce una tensión de anclaje, definida como módulo de anclaje, en este caso 3,6 t/m². Posteriormente se realiza el reparto del anclaje donde se define la cuadrícula de bulonado, diámetro de bulón, etc.

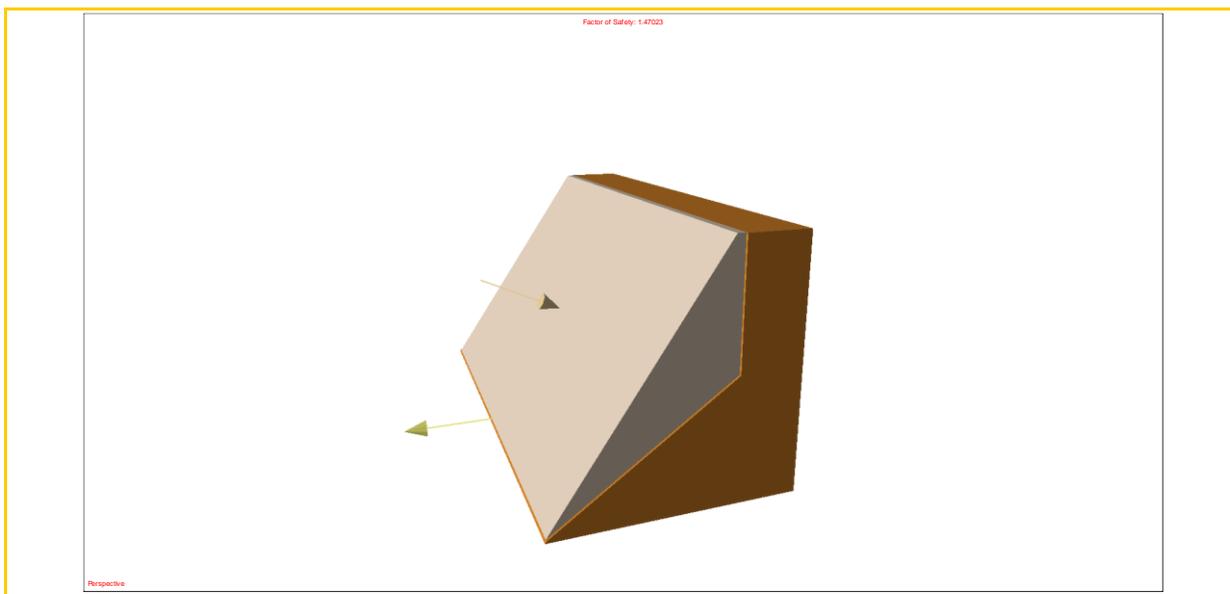


Imagen 35. Representación del talud en rotura plana con la fuerza de anclaje contra el talud, y la fuerza sísmica hacia el talud.

Deterministic Analysis

Factor of Safety: 1.47023

Normal Force: 138.934 t/m

Normal Stress: 10.7188 t/m²

Shear Strength: 6.69785 t/m²

Driving Force: 81.2008 t/m

Resisting Force: 119.384 t/m

Geometry

Slope Height: 15 m

Wedge Weight: 114.175 t/m

Wedge Volume: 43.9136 m³/m

Wedge Height: 15 m

Unit Weight: 2.6 t/m³

Slope Angle: 56 deg

Failure Plane Angle: 35 deg

Upper Face Angle: 0 deg

Bench Width: Not Present

Waviness: 0 deg

Slope Length: 18.0933 m

Tension Crack Length: 7.56546 m

Failure Plane Length: 12.9617 m

Tension Crack: Present

Tension Crack Angle: 90 deg

Distance From Crest: 0.5 m

Tension Crack Length: 7.56546 m

Strength

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Friction Angle: 32 deg

Cohesion: 0 t/m²

Shear Strength: 6.69785 t/m²

Shear Resistance: 86.8157 t/m

Seismic Force: Present

Direction: Horizontal

Seismic Coefficient: 0.168

Seismic Force: 19.1815 t/m

Support Pressure

Slope Face Pressure: 3.6 t/m²

Slope Face Angle: 25 deg

3.5.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

Se procede al cálculo de la rotura tipo planar, con el siguiente resultado:

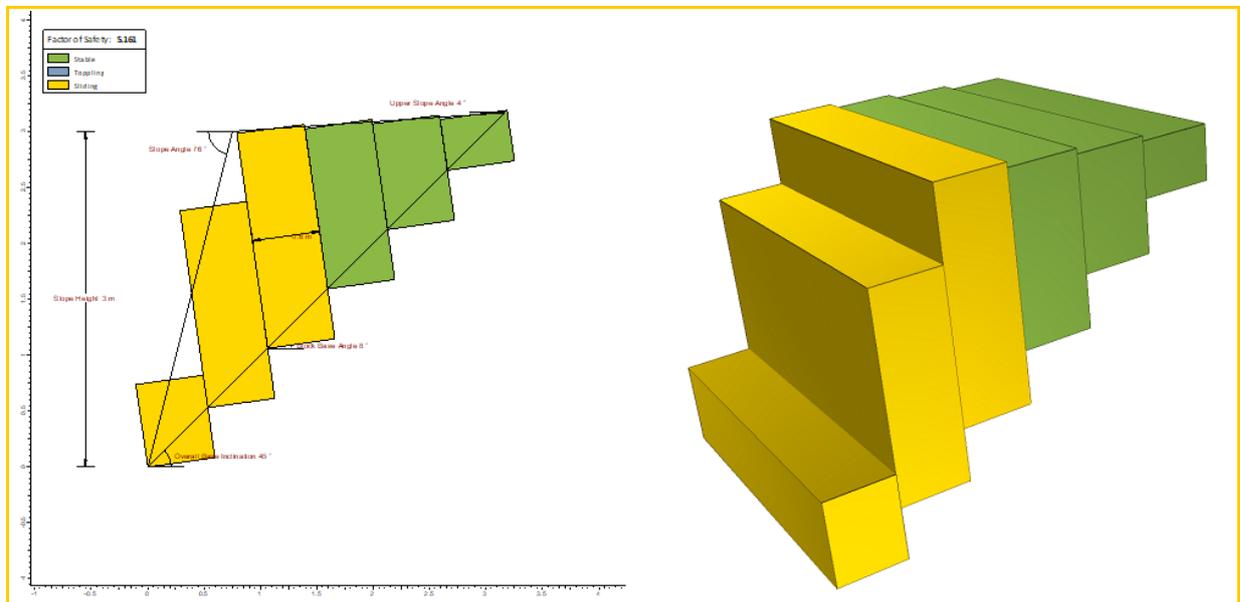


Imagen 36. Modelo de rotura por vuelco en distintas vistas. Caso general

Como se puede observar en la imagen superior, el factor de seguridad obtenido es de 5,16, si fuera inferior al factor de seguridad deseado, se realiza un segundo cálculo introduciendo un elemento estabilizador, anclaje, para elevar el factor de seguridad a 1,3.

Se introduce una tensión de anclaje, definida como módulo de anclaje, en t/m². Posteriormente se realiza el reparto del anclaje donde se define la cuadrícula de bulonado, diámetro de bulón, etc.

RocTople Analysis Information ROCTOPPLE - Rock Toppling Analysis

Project Summary

File Name Tuberia_T1_TD.rtop
File Version 2.002
Project Title ROCTOPPLE - Rock Toppling Analysis
Date Created 16/12/2022, 10:19:01

General Settings

Units Metric, stress as kPa
Unit Weight of Water (kN/m³) 9.81
Analysis Type Deterministic
Toppling Model Block Toppling

Analysis Results

Factor of Safety
Factor of Safety 5.161

Block Details

Index	Height (m)	Weight (kN)	Yn/x	Type	Base Tension	Pn-1,t (kN)	Pn-1,s (kN)	Pn-1 (kN)	Pn,t (kN)	Pn,s (kN)	Pn (kN)	Qn (kN)	Rn (kN)	Sn (kN)	Sn/Rn	Mode
6	0.456	7.392	0.760	Group	No	-4.298	-0.081	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.320	1.029	0.1405	Stable
5	0.950	15.396	1.584	Group	No	-3.741	-0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	15.246	2.143	0.1405	Stable
4	1.444	23.400	2.407	Group	No	-3.184	-0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	23.172	3.257	0.1405	Stable
3	1.939	31.404	3.231	Group	No	-3.849	0.072	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	30.833	4.299	0.1394	Sliding
2	1.775	28.762	2.959	Group	No	-17.467	0.067	0.067	-3.849	0.072	0.072	0.266	28.683	4.007	0.1397	Sliding
1	0.743	12.029	1.238	Toe	No	-3.961	-0.000	-0.000	17.467	0.067	0.067	0.065	11.977	1.741	0.1454	Sliding

Note: Index 1 is the toe of the slope.

Slope Geometry

Property Value

Slope Angle (°) 76

Slope Height (m) 3

Upper Slope Angle (°) 4

Toppling Joint Spacing (m) 0.6

Toppling Joint Dip (°) 82

Overall Base Inclination (°) 45

Point of Application (Block Above is Sliding) 0.75

Point of Application (Block Above is Shearing) 0.75

Rock Properties

Property Value

Rock Unit Weight (kN/m³) 27

Base Shear Strength Model Mohr-Coulomb

Base Cohesion (kN/m²) 1

Base Friction Angle (°) 35

Base Tensile Strength (kN/m²) 0

Toppling Joint Shear Strength Model Mohr-Coulomb

Toppling Joint Cohesion (kN/m²) 1

Toppling Joint Friction Angle (°) 35

Toppling Joint Tensile Strength (kN/m²) 0

3.5.1.3. ROTURA POR CUÑAS. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

El programa permite realizar los cálculos de todas las posibles cuñas originadas calculando su factor de seguridad:

Primero sin sostenimiento:

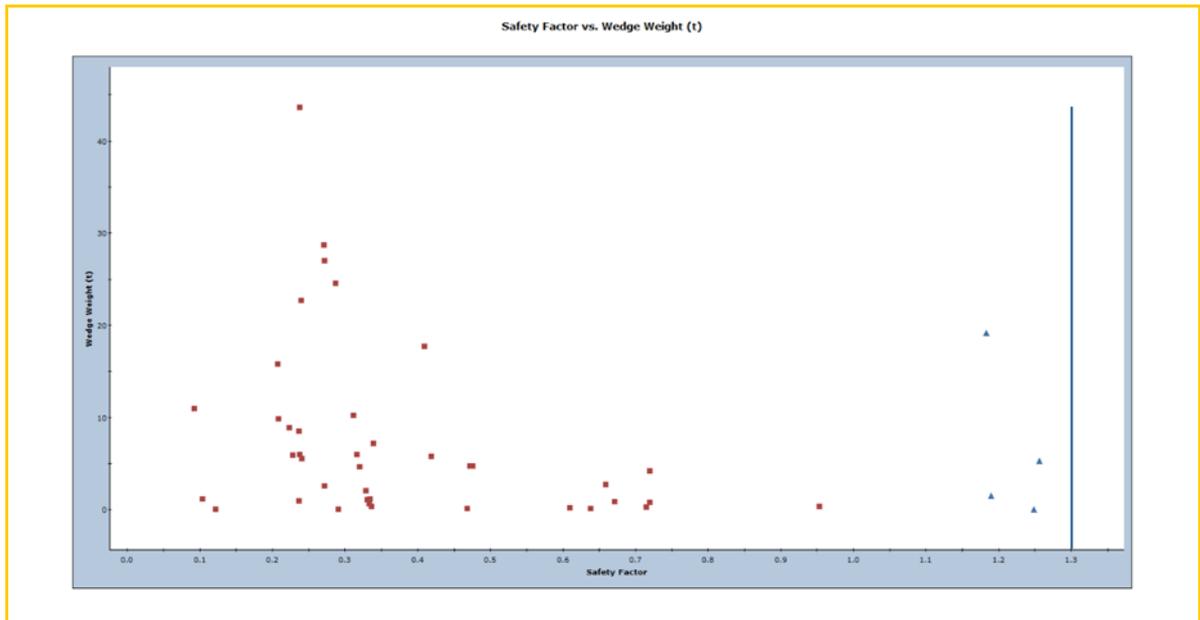


Imagen 37. Rotura por cuñas. Gráfico donde se representa la relación entre el factor de seguridad y el peso de la cuña. Sin sostenimiento

Comprobamos que todas las cuñas tienen factores de seguridad inferiores a 1,3.

Posteriormente, se realiza un segundo cálculo introduciendo un elemento estabilizador, anclaje, para elevar el factor de seguridad a 1,3.

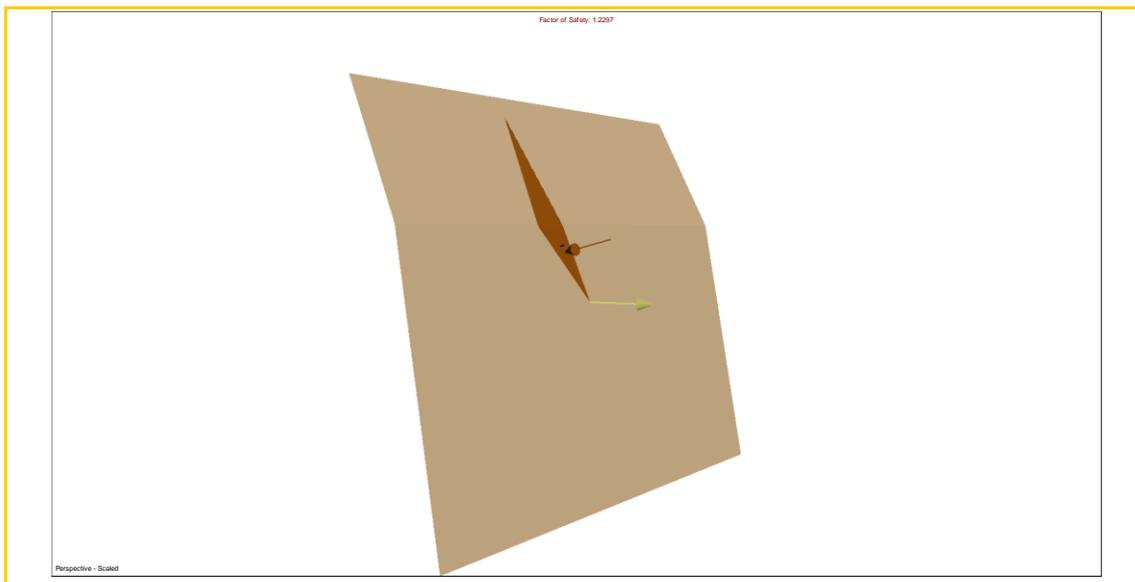


Imagen 38. Rotura por cuñas. Sostenimiento.

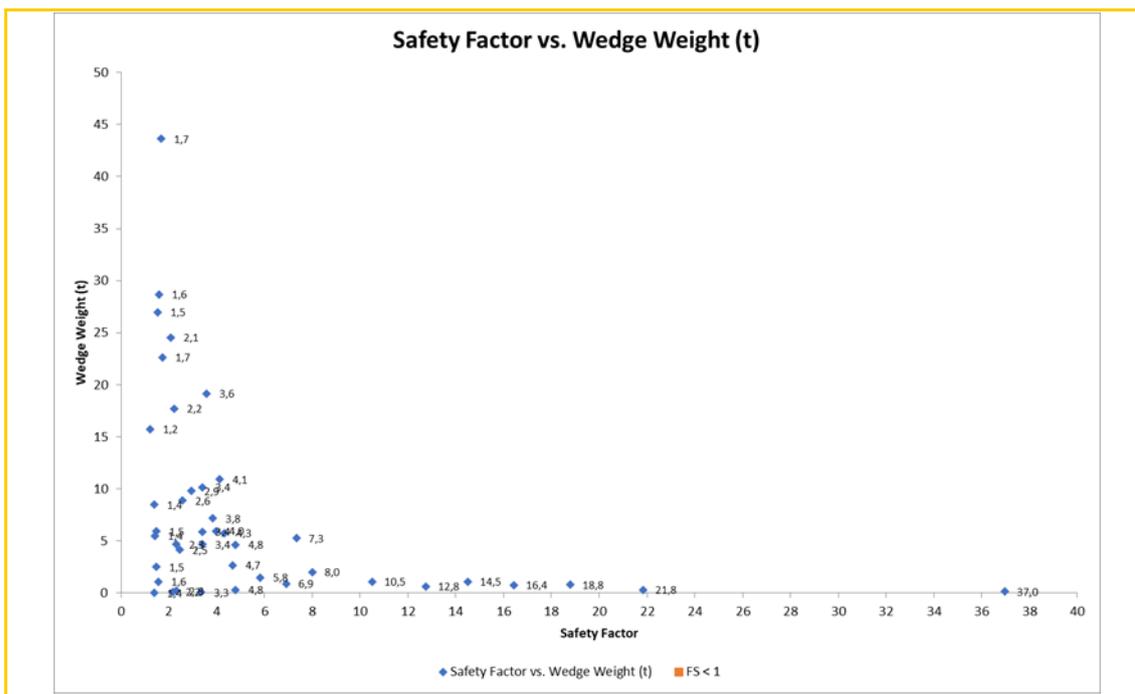


Imagen 39. Gráfico donde se representa la relación entre el factor de seguridad y el peso de la cuña con sostenimiento

SWedge Analysis Information

SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Project Summary

File Name T6-1.swd7
Project Title SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
Date Created 12/05/2022, 15:54:15

Analysis Results

- Analysis Type - Combinations
 - Number of Combinations 378
 - Number of Valid Wedges 44
 - Number of Invalid Wedges 334
 - Number of Failed Wedges 0
 - Number of Stable Wedges 44

Current Wedge Data - Min FS Wedge

- Wedge is Scaled, Scale Factor 0.2744
 - Safety Factor 1.2297
 - Wedge Height (On Slope) [m] 5.487
 - Bench Width (On Upper Face) [m] 4.613
 - Wedge Volume [m³] 6.054
 - Wedge Weight [t] 15.740
 - Wedge Area (Joint1) [m²] 8.630
 - Wedge Area (Joint2) [m²] 21.053
 - Wedge Area (Slope) [m²] 6.370
 - Wedge Area (Upper Face) [m²] 10.476
 - Wedge Area (Tension Crack) [m²] 0.000

Effective Normal and Strength Properties

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal Force [t]	0.000	21.497
Effective Normal Stress [t/m ²]	0.000	1.021
Shear Strength [t/m ²]	0.000	0.715
Strength due to Waviness [t/m ²]	0.000	0.000

Driving Force [t] 15.305

Resisting Force [t] 18.820

Seismic Force

Seismic Force [t] 2.644

Pressure

Face	Trend [deg]	Plunge [deg]	Mode	Pressure [t/m ²]
Slope Face	58.000	12.000	Passive	3.000

Failure Mode

- Sliding on joint2

-

Joint Sets 1&2 Line of Intersection

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
63.954	209.332	15.000

Trace Lengths

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	5.823	9.363
Joint 2	6.794	9.249
Tension Crack	N/A	0.000

Persistence

Joint 1 [m] 15.000

Joint 2 [m] 15.000

Intersection Angles

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	18.787	18.787
Joint 1 & Crest	105.545	105.545
Joint 2 & Crest	55.667	55.667
Joint 1 & Tension Crack	N/A	99.835
Joint 2 & Tension Crack	N/A	94.164

Dip and Dip Direction

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	72.000	161.000
Joint Set 2	64.000	213.000
Slope	78.000	238.000
Upper Face	60.000	238.000
Tension Crack	80.000	58.000

Joint Set 1 Data

Cohesion [t/m²] 0
Friction Angle [deg] 35
Waviness Angle [deg] 0

-

Joint Set 2 Data

Cohesion [t/m²] 0
Friction Angle [deg] 35
Waviness Angle [deg] 0

-

Slope Data

Slope Height [m] 20
Rock Unit Weight [t/m³] 2.6
Water Pressures in the Slope NO
Overhanging Slope Face NO
Externally Applied Force NO
Tension Crack YES

Tension Crack Data

Location Minimizes Factor of Safety
Trace Length [m] 9.36262

Seismic Data

Direction Line of Intersection J1&J2 but Horizontal
Seismic Coefficient 0.168
Trend [deg] 209.332
Plunge [deg] -0

Bolt Materials

Bolt Property 1

Name	Bolt Property 1
Type	simple bolt force
Colour	
Model	Passive
Force [t]	0.000

Se introduce la fuerza de anclaje mediante **Pressure**

Bolt Data

Bolt 1 Data

Assigned Property	Bolt Property 1
Trend [deg]	58.000
Plunge [deg]	12.000
Length [m]	11.000
Anch. Length [m]	10.722
Bolt Efficiency	1.000

Wedge Vertices - Min FS Wedge

- Coordinates in Easting, Northing, Up Format
- 1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope, 5=Tension Crack

Point	East	North	Up
124	0.000	0.000	0.000
134	0.162	1.942	5.487
234	-1.041	3.867	5.487
135	3.226	5.742	13.477
125	3.226	5.742	13.476
235	3.226	5.742	13.477

Scaling

Trace Lengths	
Joint 1 Scaling	10 m
Joint 2 Scaling	10 m
Maximum Persistence	
Joint 1 Scaling	15 m
Joint 2 Scaling	15 m

Spill Width Parameters

Swelling Factor 1.5
Angle of Repose of Failed Material 38 deg

3.5.2. RESUMEN DE LOS CÁLCULOS DE ESTABILIDAD EN SUSTRATO ROCOSO

3.5.2.1. ZONA DE LA TUBERIA FORZADA

TRAMO	PK inicial	PK final	TALUD DERECHO			Sostenimiento	TALUD IZQUIERDO			
			Hmax (m)	Dirección de buzamiento	Buzamiento		Hmax (m)	Dirección de buzamiento	Buzamiento	Sostenimiento
T-1	0+012,4	0+019,78	6,27	N357E	76	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 4,0 metros x 4,0 metros	2,80	N177E	76	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 4,0 metros x 4,0 metros
T-2	0+019,78	0+036,57	3,00	N320E	76	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 4,0 metros x 4,0 metros	3,00	N140E	76	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 4,0 metros x 4,0 metros
T-3	0+036,57	0+099,19	6,44	N360E	76	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 3,0 metros x 3,0 metros	3,60	N180E	76	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 4,0 metros x 4,0 metros

TRAMO	PK inicial	PK final	TALUD DERECHO			Sostenimiento	TALUD IZQUIERDO			
			Hmax (m)	Dirección de buzamiento	Buzamiento		Hmax (m)	Dirección de buzamiento	Buzamiento	Sostenimiento
T-4	0+099,19	0+144,22	5,85	N007E	76	Malla de triple torsión colgada	3,62	N187E	76	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 4,0 metros x 4,0 metros
T-5	0+144,22	0+176	7,00	N016E	76	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 3,0 metros x 3,0 metros	4,10	N196E	76	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 3,0 metros x 3,0 metros
T-6	0+176	0+202	7,00	N005E	76	Malla de triple torsión colgada	4,70	N185E	76	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 3,0 metros x 3,0 metros

Tabla 13. Tipos de sostenimiento en cada tramo analizado

3.5.2.2. ZONA DE LA CENTRAL

Talud		Dirección de buzamiento	Buzamiento (grados)	Sostenimiento
Longitudinal	Noroeste	N120E	78	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 4,0 metros x 4,0 metros
	Sureste	300	78	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 4,0 metros x 4,0 metros
Transversal	Suroeste	N30E	78	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 3,0 metros x 3,0 metros

Tabla 14. Tipos de sostenimiento en cada tramo analizado

3.5.2.3. ZONA DE CANALES DE DESCARGA

Talud		Dirección de buzamiento	Buzamiento (grados)	Sostenimiento
Transversal	Derecho	N300E	78	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 3,0 metros en horizontal x 2,0 metros en vertical
	Izquierdo	N120E	78	Malla de triple torsión adosada al talud mediante bulones (piquetas) de ϕ 16 mm, de longitud 1,5 metros y en cuadrícula de 4,0 metros x 4,0 metros

Tabla 15. Tipos de sostenimiento en cada tramo analizado

APÉNDICE 1. ANÁLISIS CINEMÁTICO

1. ANEXO ANÁLISIS CINEMÁTICO DE ESTABILIDAD

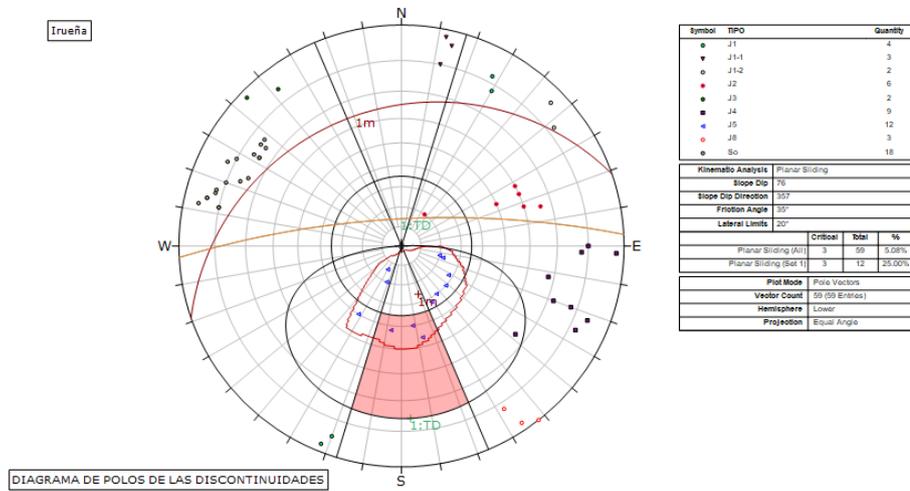
1.1. ZONA DE LA TUBERÍA FORZADA

1.1.1. TALUDES TRANSVERSALES

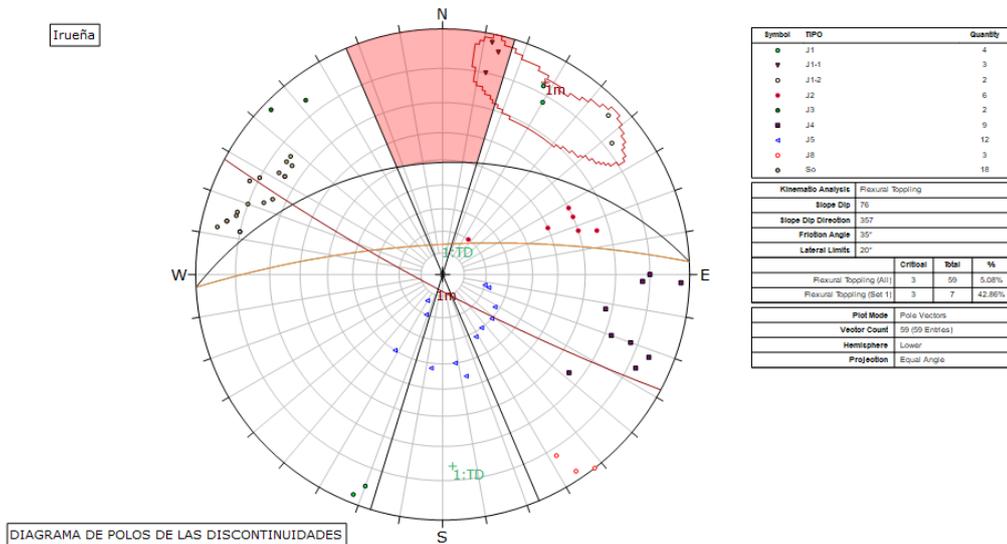
1.1.1.1. TRAMO 1

1.1.1.1.1. TALUD DERECHO

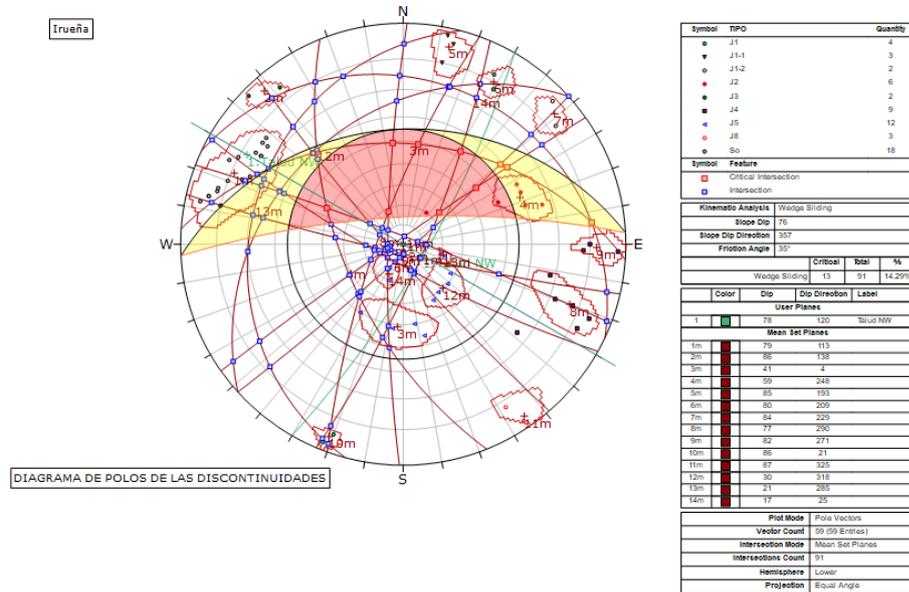
1.1.1.1.1.1. ROTURA PLANA



1.1.1.1.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

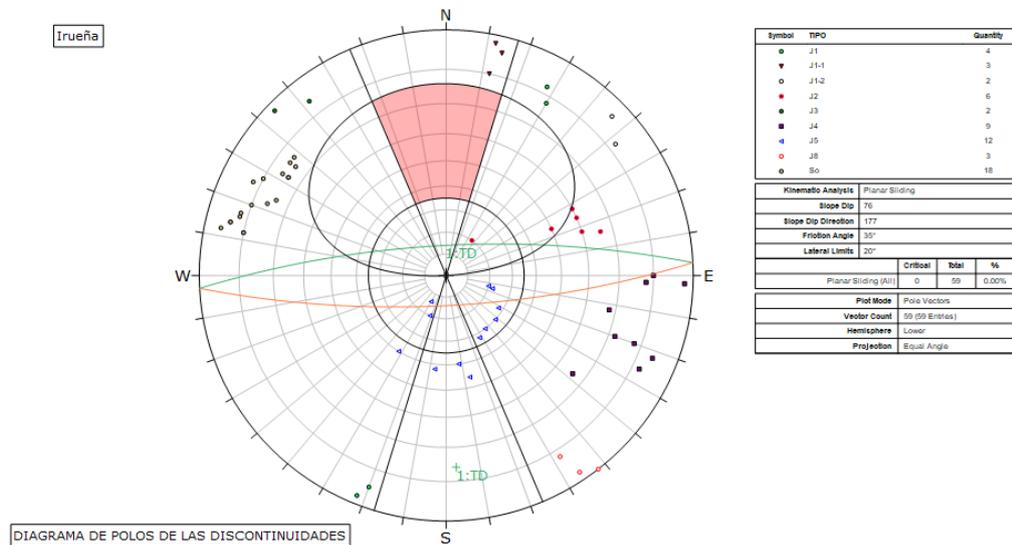


1.1.1.1.2. ROTURA POR CUÑAS

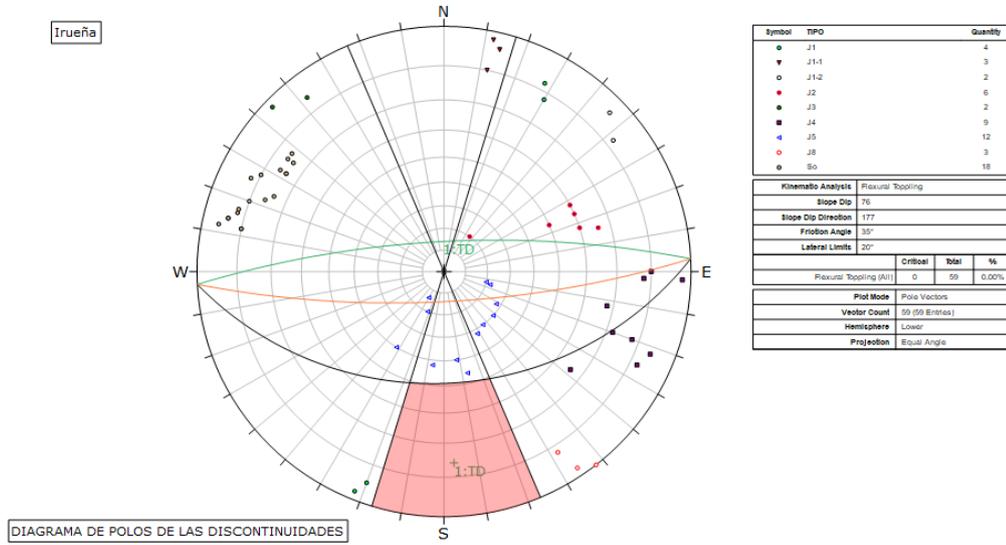


1.1.1.2. TALUD IZQUIERDO

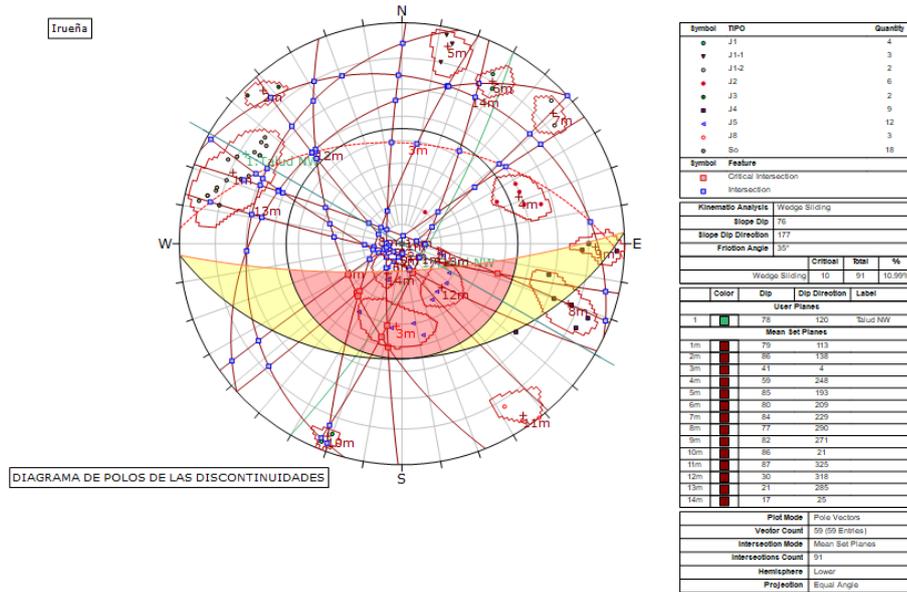
1.1.1.2.1. ROTURA PLANA



1.1.1.2.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS



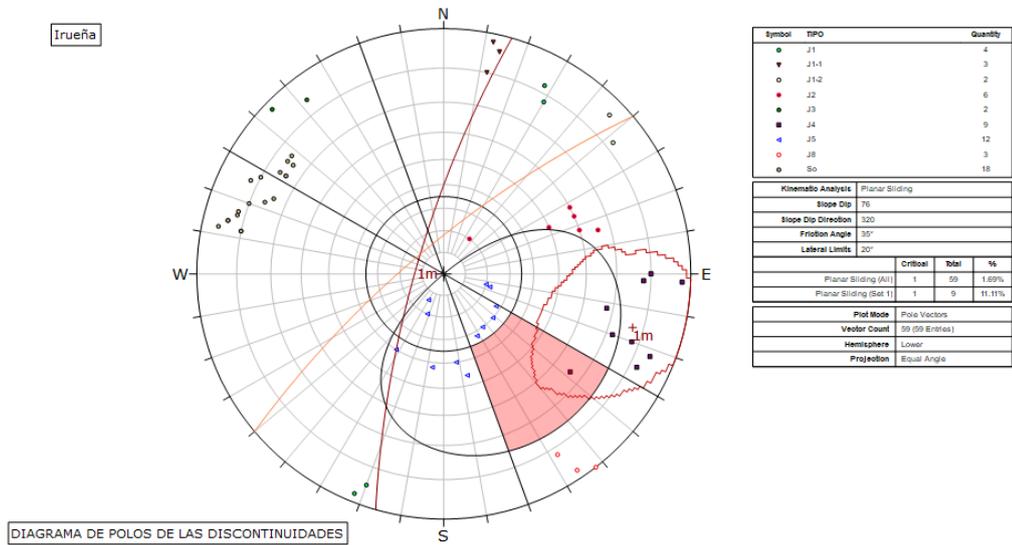
1.1.1.2.3. ROTURA POR CUÑAS



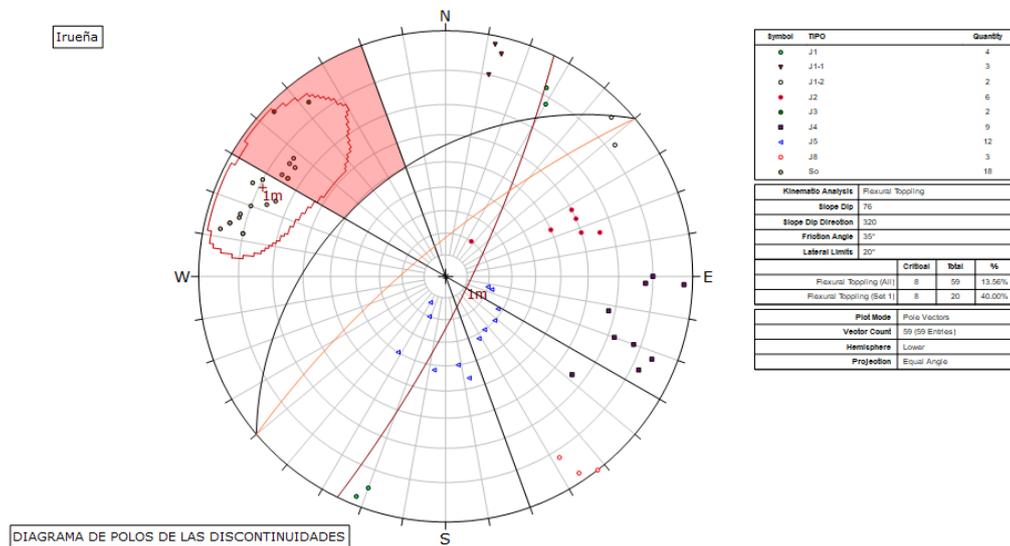
1.1.1.3. TRAMO 2.

1.1.1.3.1. TALUD DERECHO

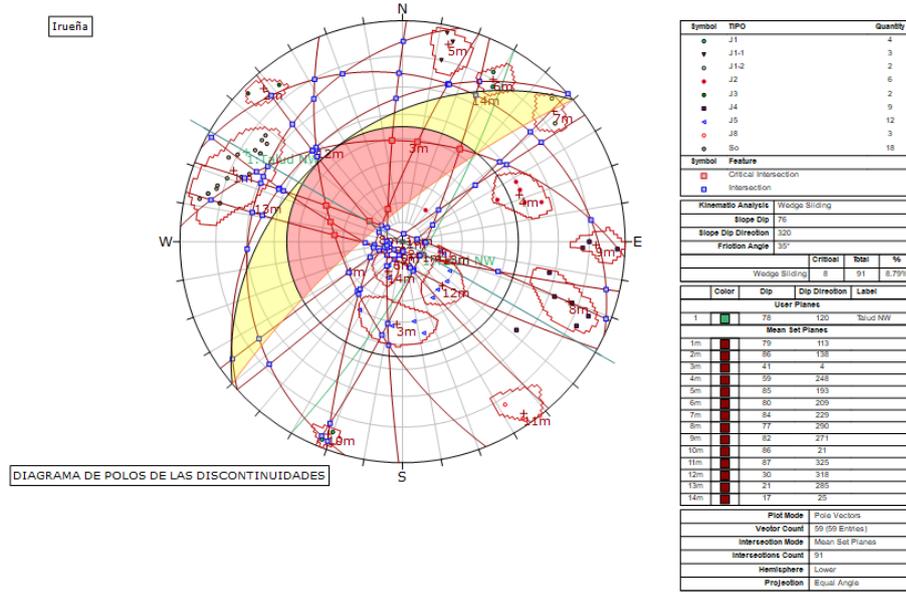
1.1.1.3.1.1. ROTURA PLANA



1.1.1.3.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

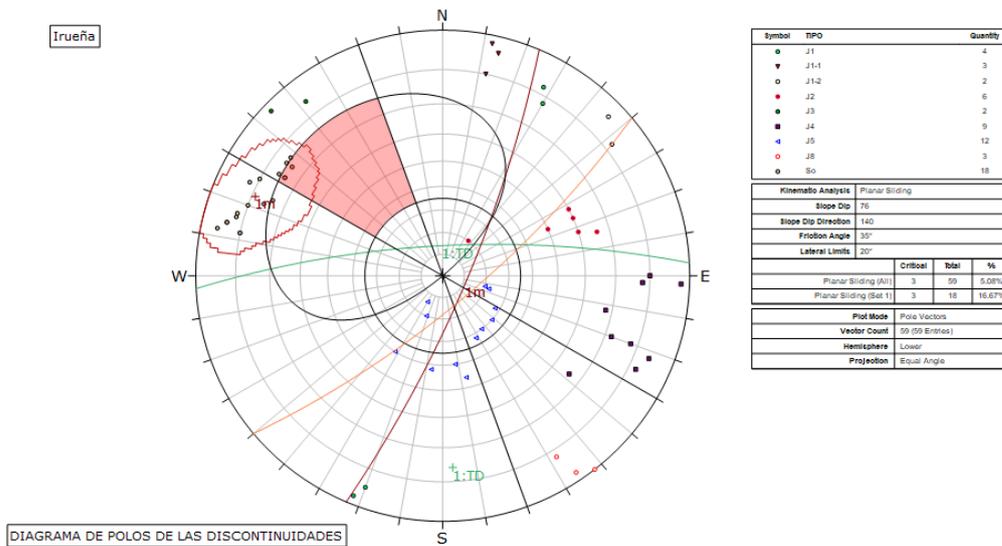


1.1.1.3.1.3. ROTURA POR CUÑAS



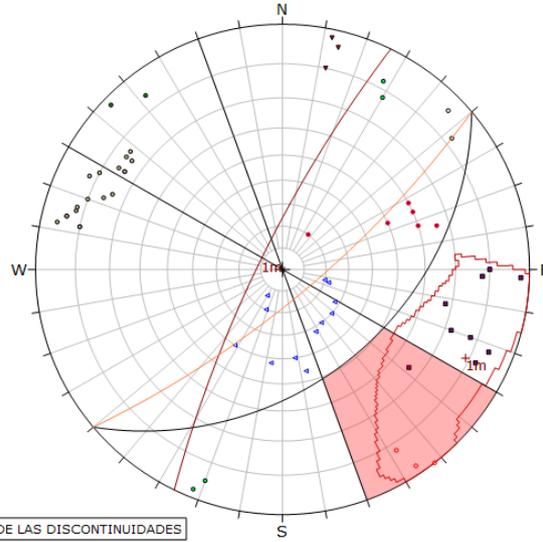
1.1.1.3.2. TALUD IZQUIERDO

1.1.1.3.2.1. ROTURA PLANA



1.1.1.3.2.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

Irueña



Symbol	TIPO	Quantity
●	J1	4
▼	J1-1	3
○	J1-2	2
●	J2	6
●	J3	2
■	J4	9
▼	J5	12
○	J8	3
○	S0	18

Kinematic Analysis		Flexural Toppling	
Slope Dip	75°		
Slope Dip Direction	140°		
Friction Angle	35°		
Laternal Limits	20°		

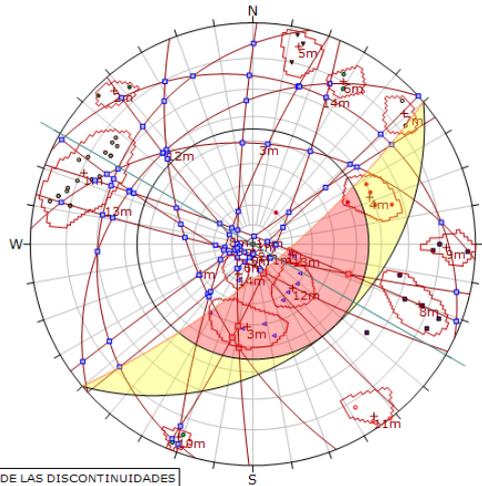
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	4	59	6.78%
Flexural Toppling (Set 1)	4	12	33.33%

Pivot Mode	Pole Vectors
Vector Count	59 (59 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

DIAGRAMA DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES

1.1.1.3.2.3. ROTURA POR CUÑAS

Irueña



Symbol	TIPO	Quantity
●	J1	4
●	J1-1	3
○	J1-2	2
●	J2	6
●	J3	2
■	J4	9
▼	J5	12
○	J8	3
○	S0	18

Symbol	Feature
■	Critical Intersection
●	Intersection

Kinematic Analysis		Wedge Sliding	
Slope Dip	76°		
Slope Dip Direction	140°		
Friction Angle	35°		

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	6	91	6.59%

Color	Dip	Dip Direction	Label
■	79°	113°	
■	86°	138°	
■	41°	4°	
■	59°	248°	
■	85°	193°	
■	80°	209°	
■	84°	230°	
■	77°	200°	
■	82°	271°	
■	86°	21°	
■	87°	325°	
■	90°	318°	
■	21°	285°	
■	17°	25°	

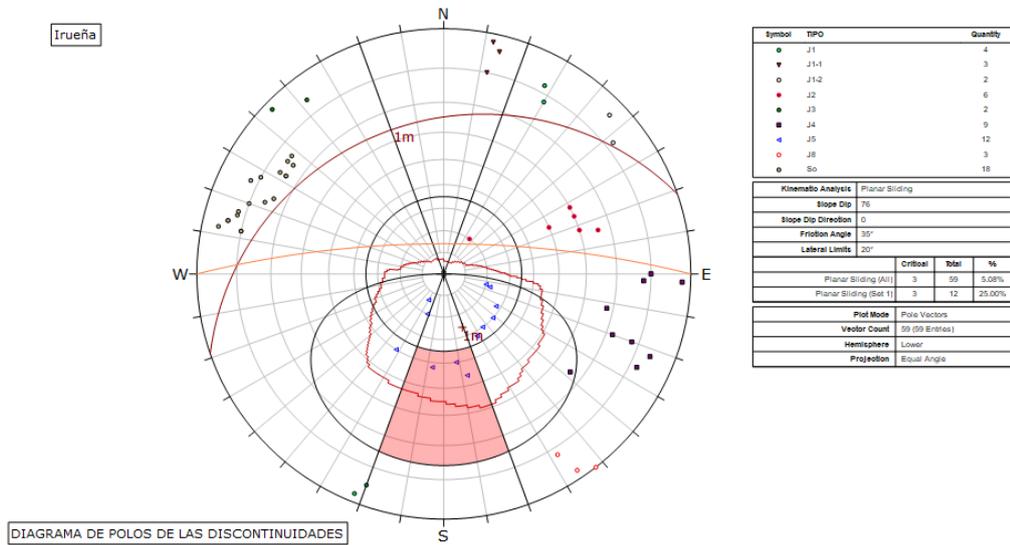
Pivot Mode	Pole Vectors
Intersection Mode	59 (59 Entries)
Intersections Count	91
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

DIAGRAMA DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES

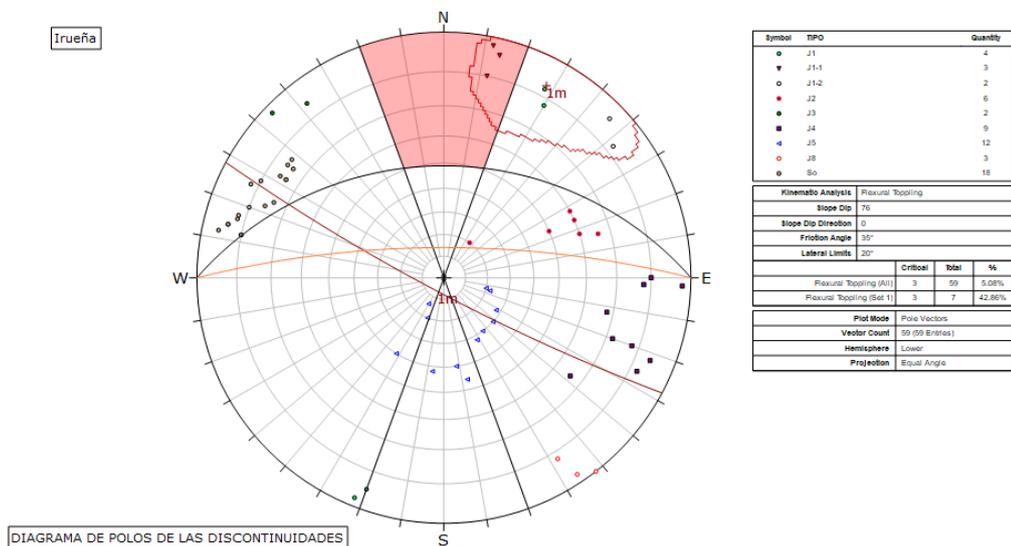
1.1.1.4. TRAMO 3.

1.1.1.4.1. TALUD DERECHO

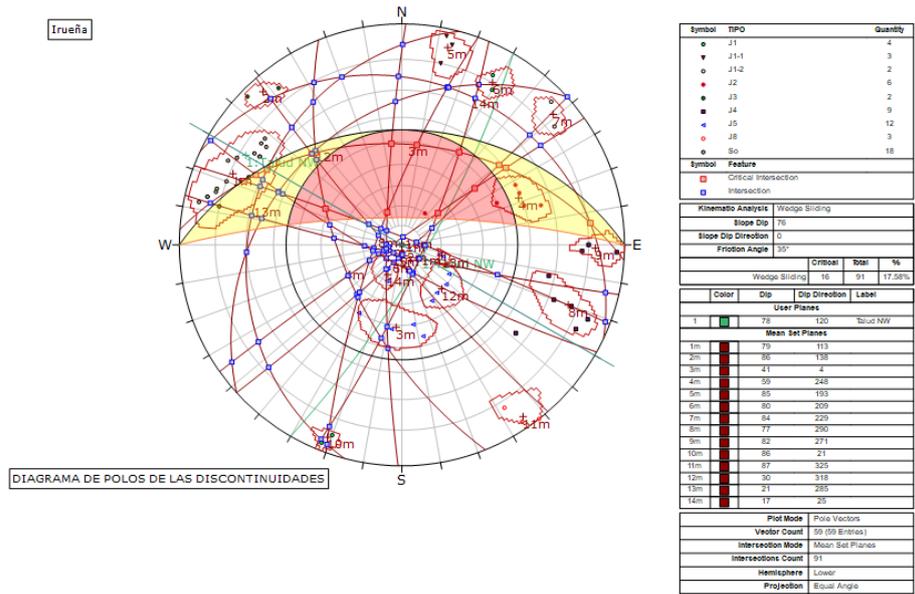
1.1.1.4.1.1. ROTURA PLANA



1.1.1.4.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

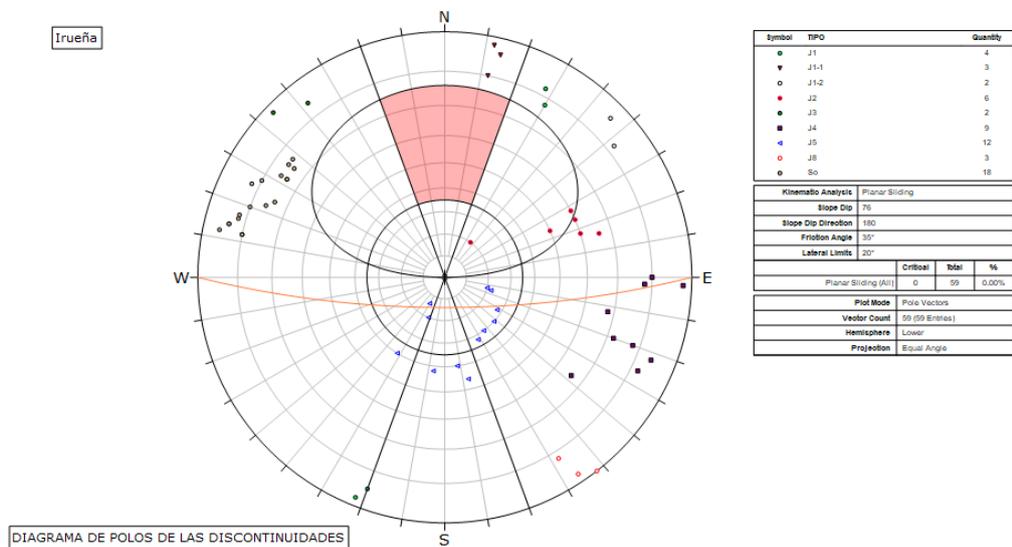


1.1.1.4.1.3. ROTURA POR CUÑAS

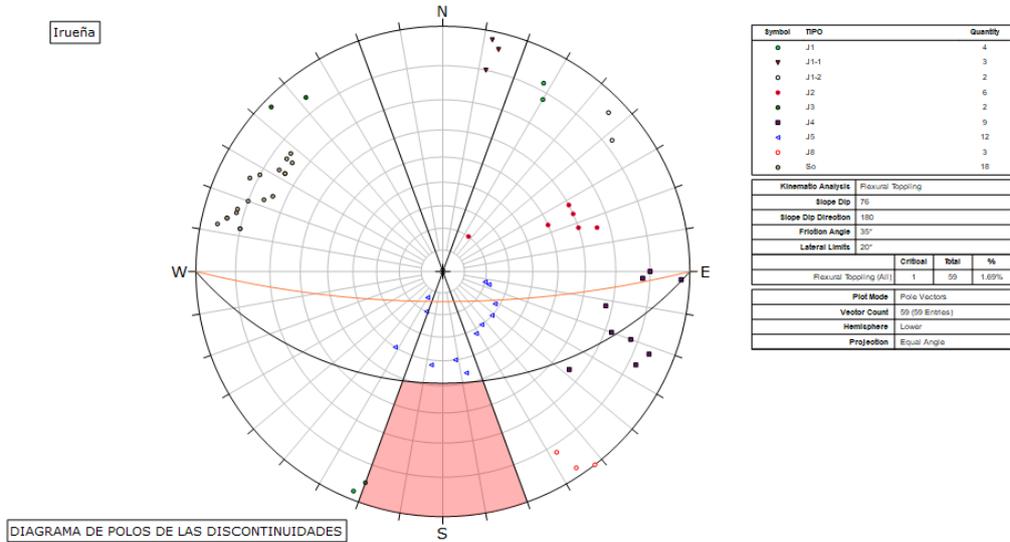


1.1.1.4.2. TALUD IZQUIERDO

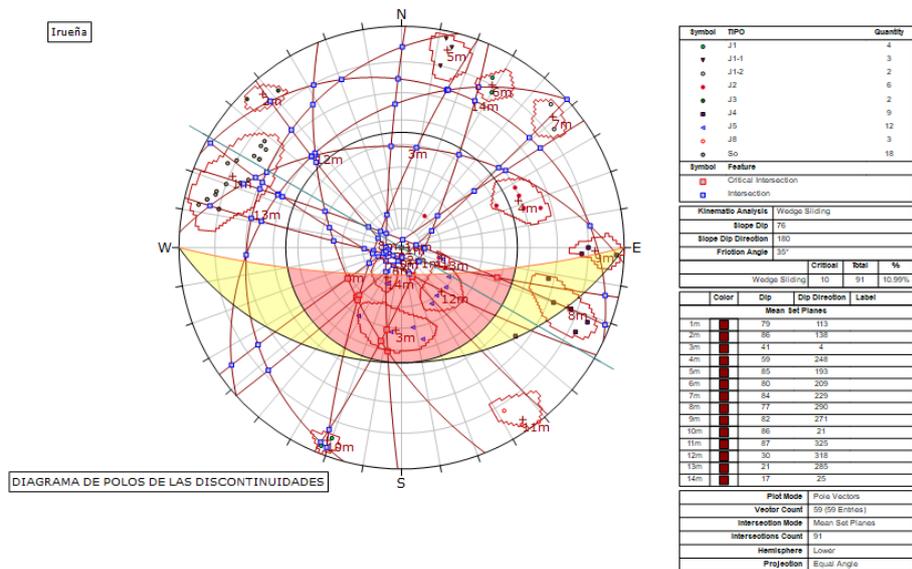
1.1.1.4.2.1. ROTURA PLANA



1.1.1.4.2.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS



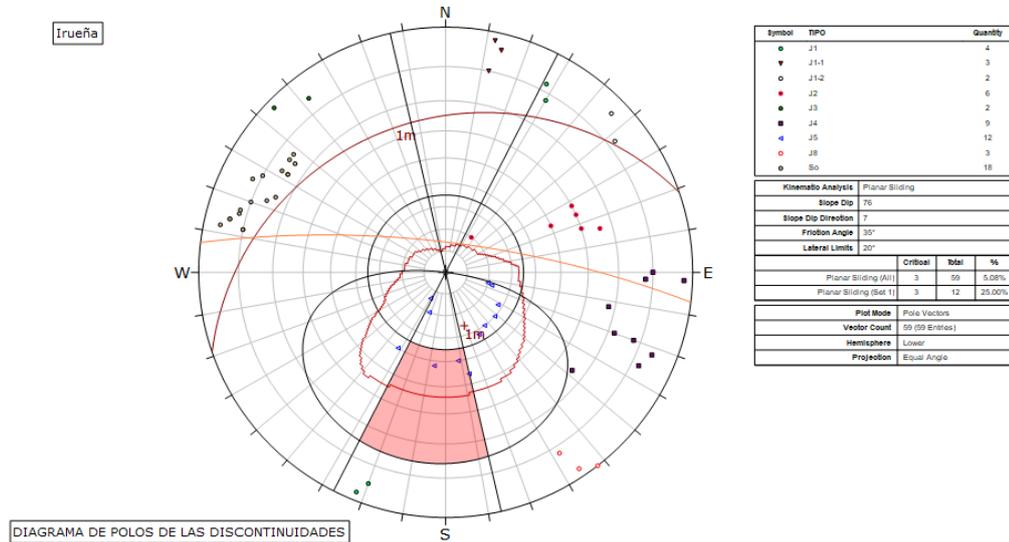
1.1.1.4.2.3. ROTURA POR CUÑAS



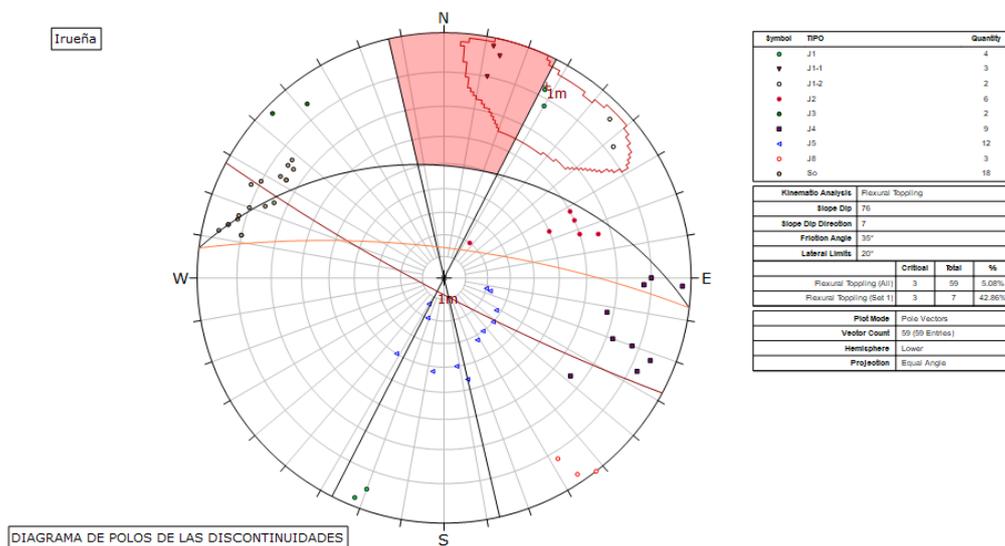
1.1.1.5. TRAMO 4.

1.1.1.5.1. TALUD DERECHO

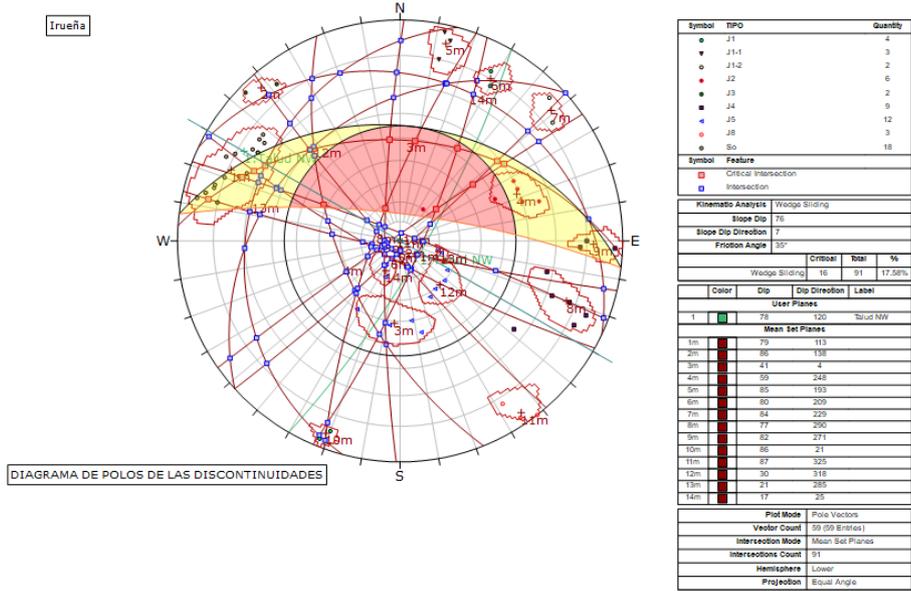
1.1.1.5.1.1. ROTURA PLANA



1.1.1.5.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

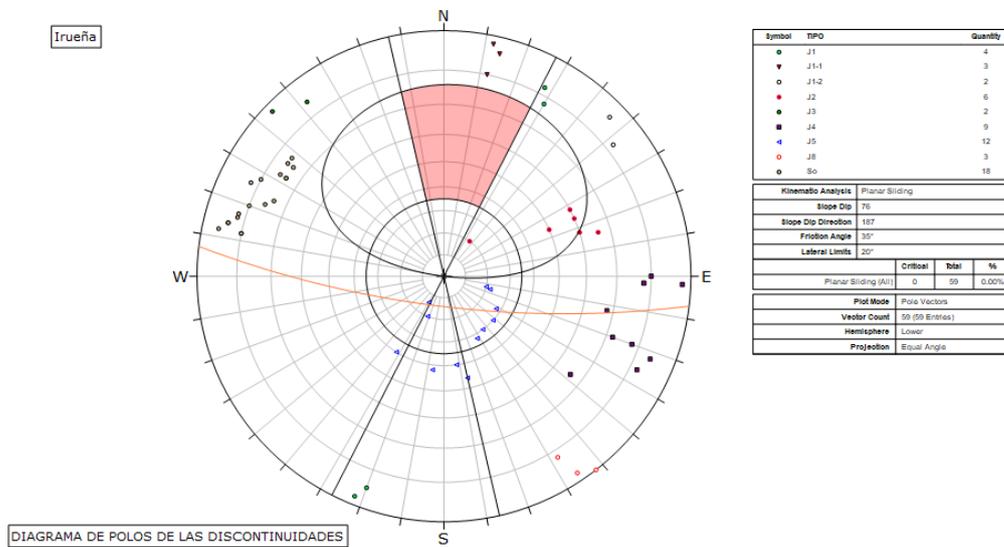


1.1.1.5.2.1. ROTURA POR CUÑAS

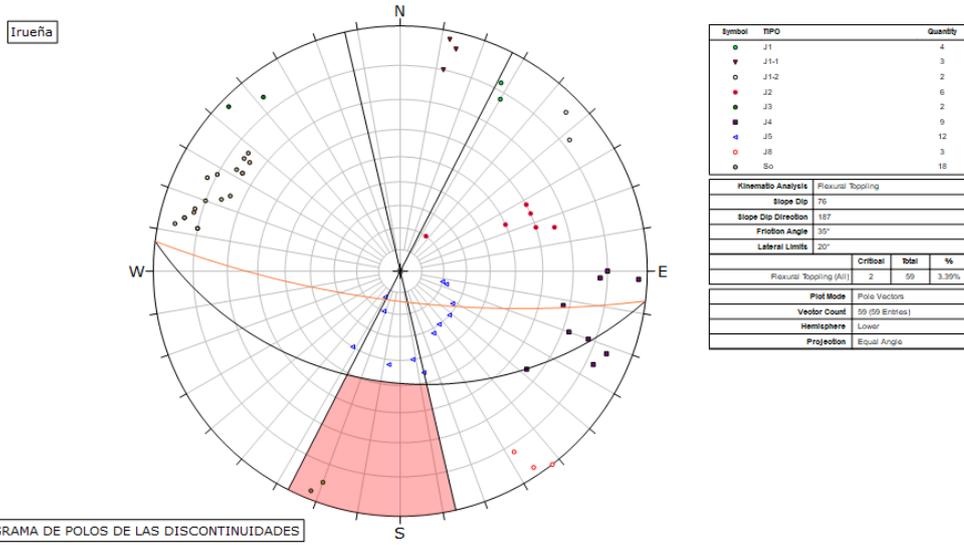


1.1.1.5.3. TALUD IZQUIERDO

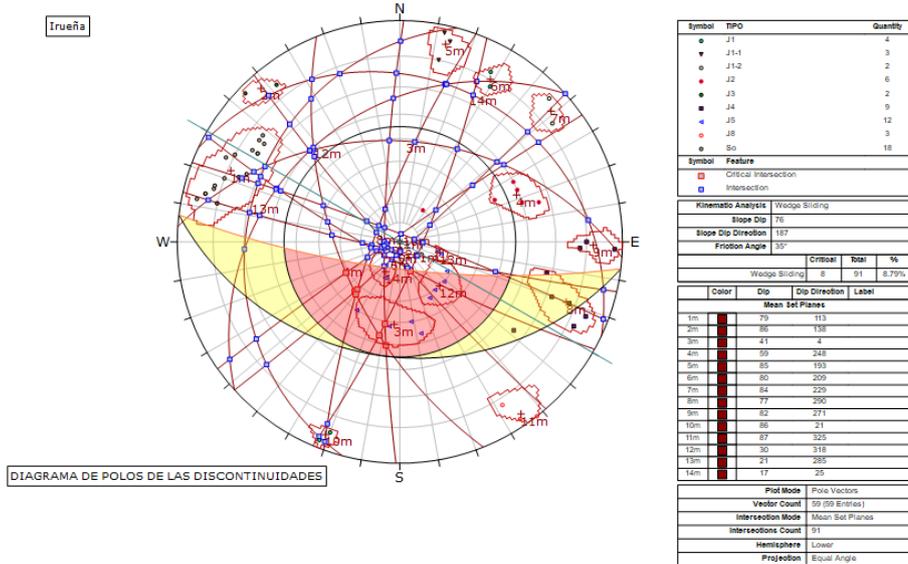
1.1.1.5.3.1. ROTURA PLANA



1.1.1.5.3.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS



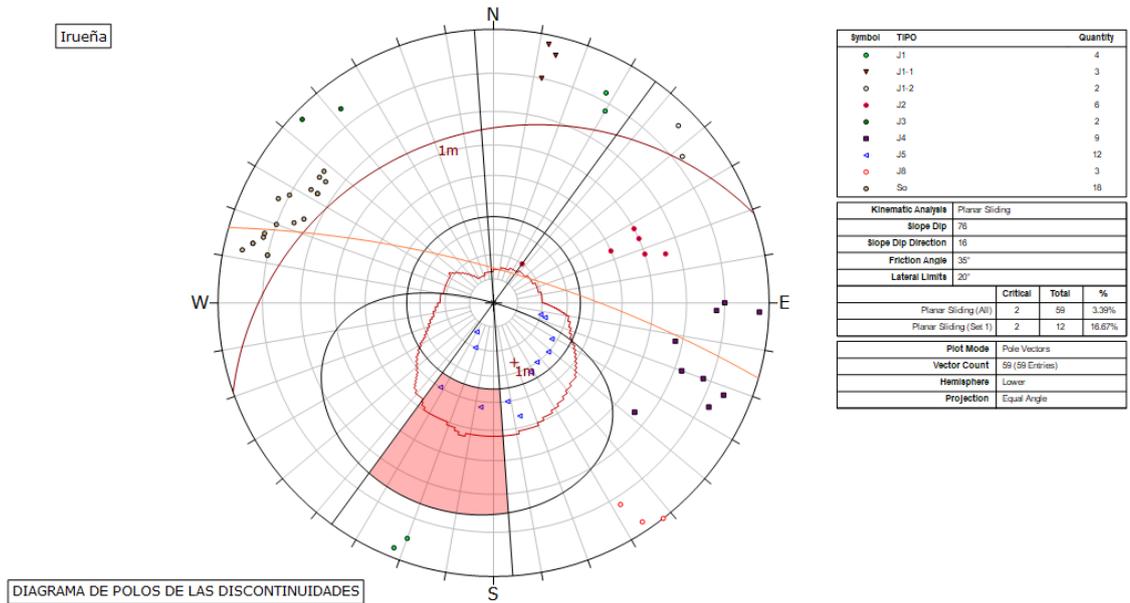
1.1.1.5.3.3. ROTURA POR CUÑAS



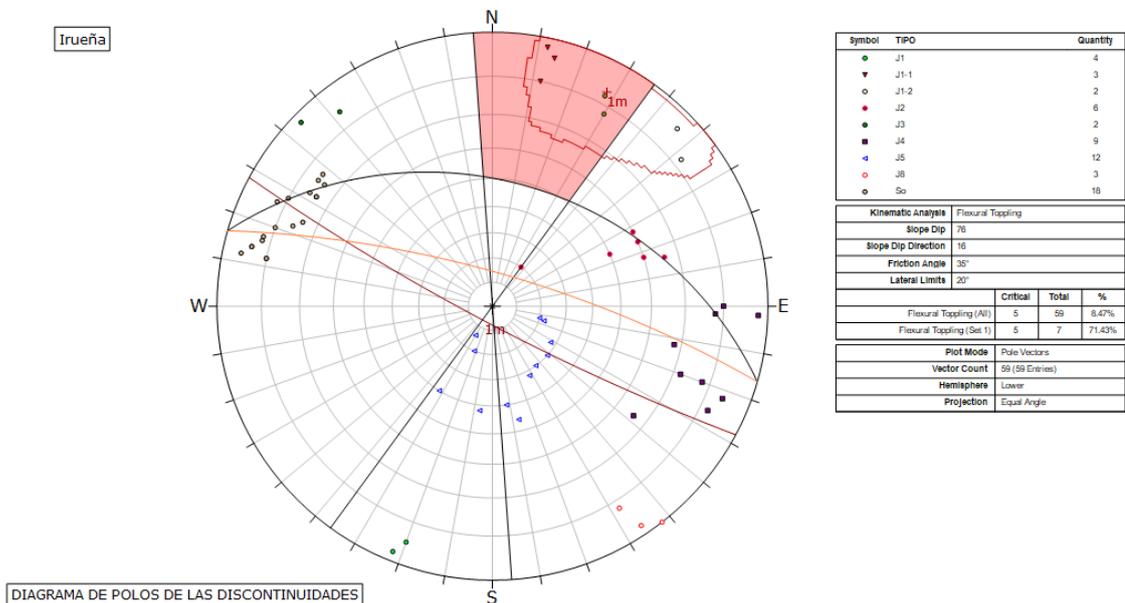
1.1.1.6. TRAMO 5.

1.1.1.6.1. TALUD DERECHO

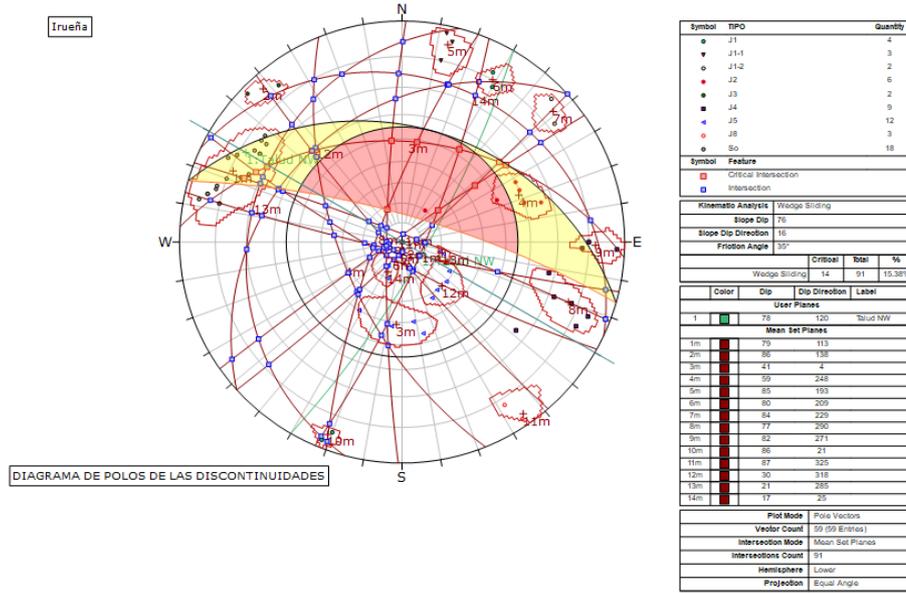
1.1.1.6.1.1. ROTURA PLANA



1.1.1.6.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

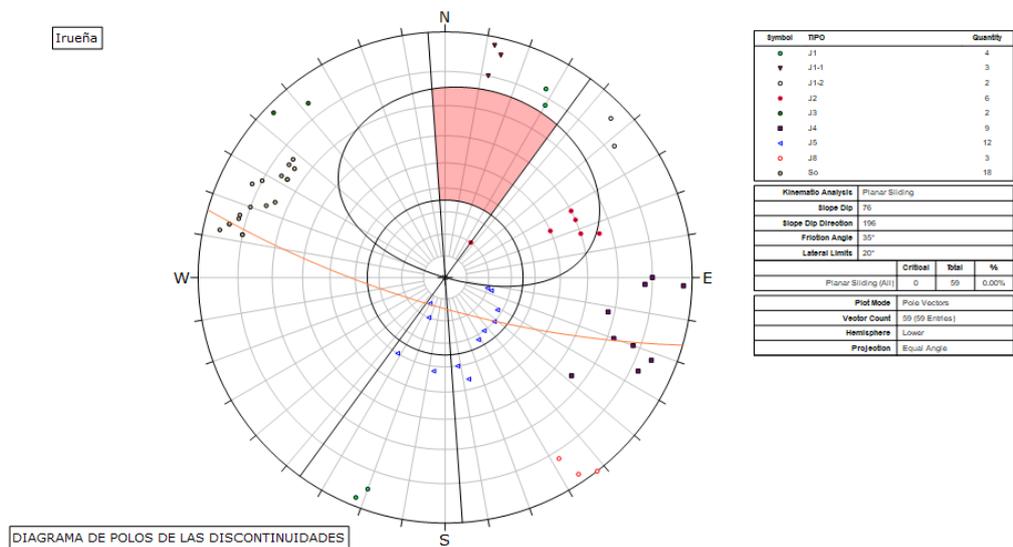


1.1.1.6.1.3. ROTURA POR CUÑAS



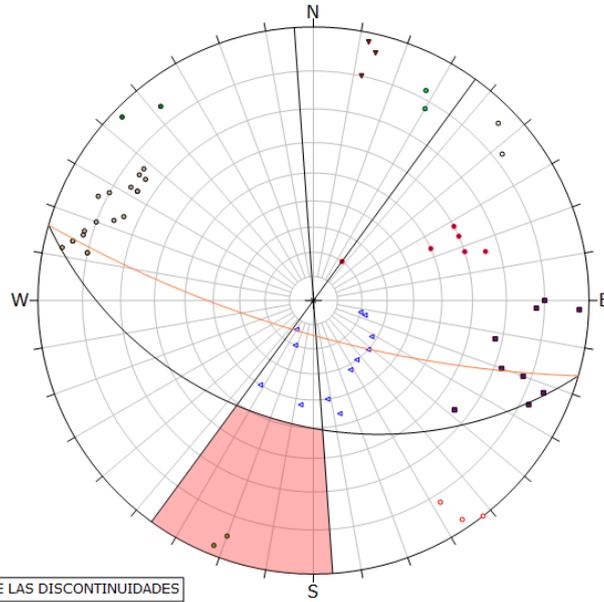
1.1.1.6.2. TALUD IZQUIERDO

1.1.1.6.2.1. ROTURA PLANA



1.1.1.6.2.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

Irueña



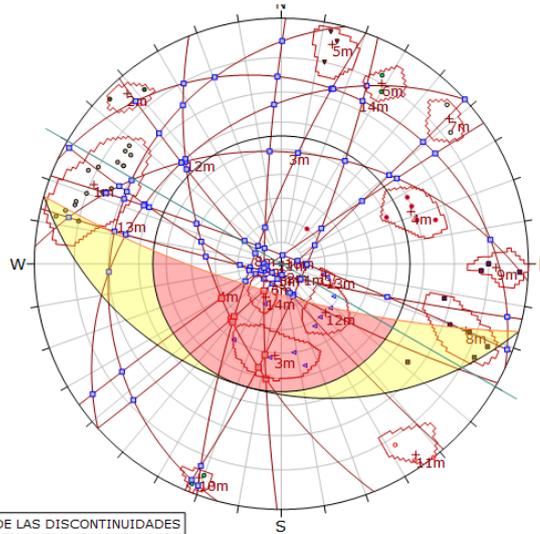
Symbol	TIPO	Quantity
●	J1	4
▼	J1-1	3
○	J1-2	2
●	J2	6
●	J3	2
●	J4	9
●	J5	12
●	J8	3
○	S0	18

Kinematic Analysis		Flexural Toppling		
Slope Dip		78		
Slope Dip Direction		198		
Friction Angle		35°		
Lateral Limits		20°		
		Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)		2	59	3.39%
Plot Mode	Pole Vectors			
Vector Count	59 (59 Entries)			
Hemisphere	Lower			
Projection	Equal Angle			

DIAGRAMA DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES

1.1.1.6.2.3. ROTURA POR CUÑAS

Irueña



Symbol	TIPO	Quantity
●	J1	4
▼	J1-1	3
○	J1-2	2
●	J2	6
●	J3	2
●	J4	9
●	J5	12
●	J8	3
○	S0	18

Kinematic Analysis		Wedge Sliding		
Slope Dip		78		
Slope Dip Direction		198		
Friction Angle		35°		
		Critical	Total	%
Wedge Sliding		8	91	8.79%

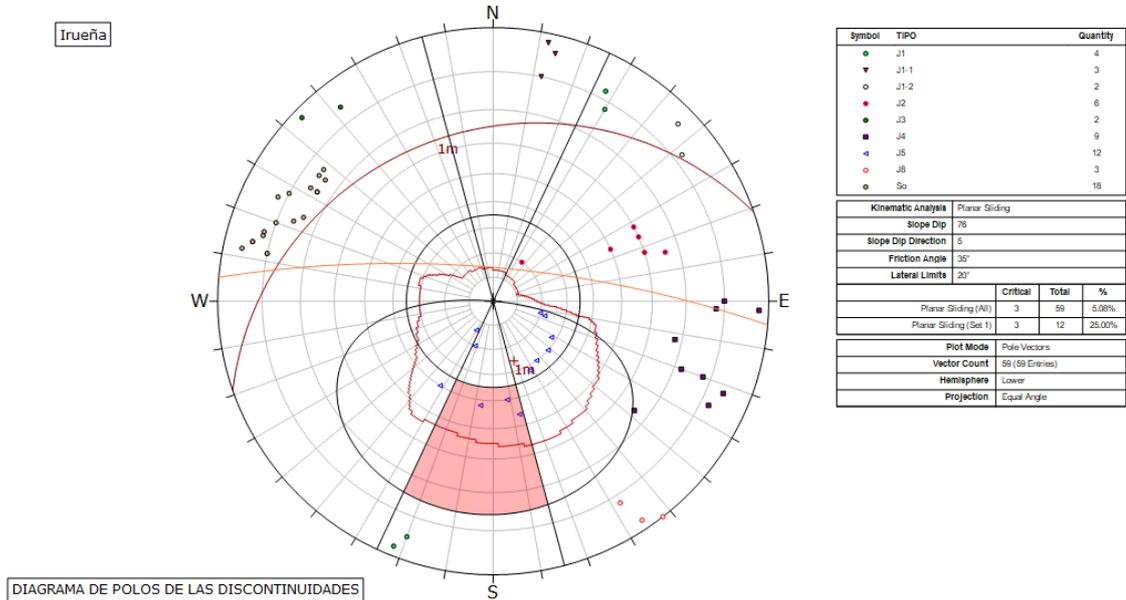
Color	Dip	Dip Direction	Label
	Mean Set Planes		
1m	79	113	
2m	86	138	
3m	41	4	
4m	59	248	
5m	85	193	
6m	86	209	
7m	84	225	
8m	77	290	
9m	62	271	
10m	86	21	
11m	87	325	
12m	36	318	
13m	21	285	
14m	17	25	

DIAGRAMA DE POLOS DE LAS DISCONTINUIDADES

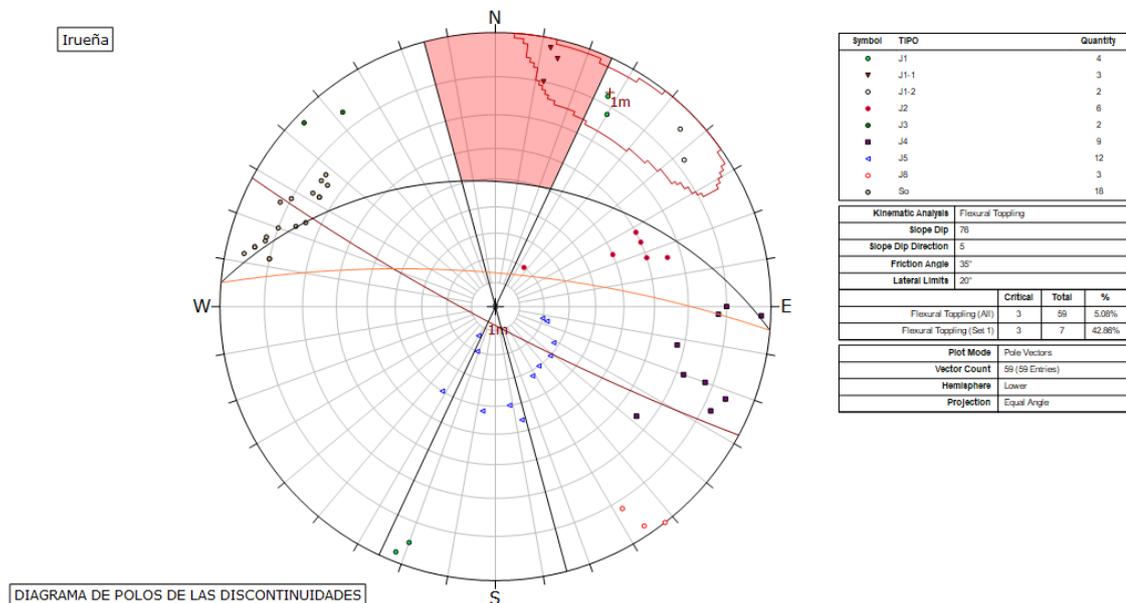
1.1.1.7. TRAMO 6.

1.1.1.7.1. TALUD DERECHO

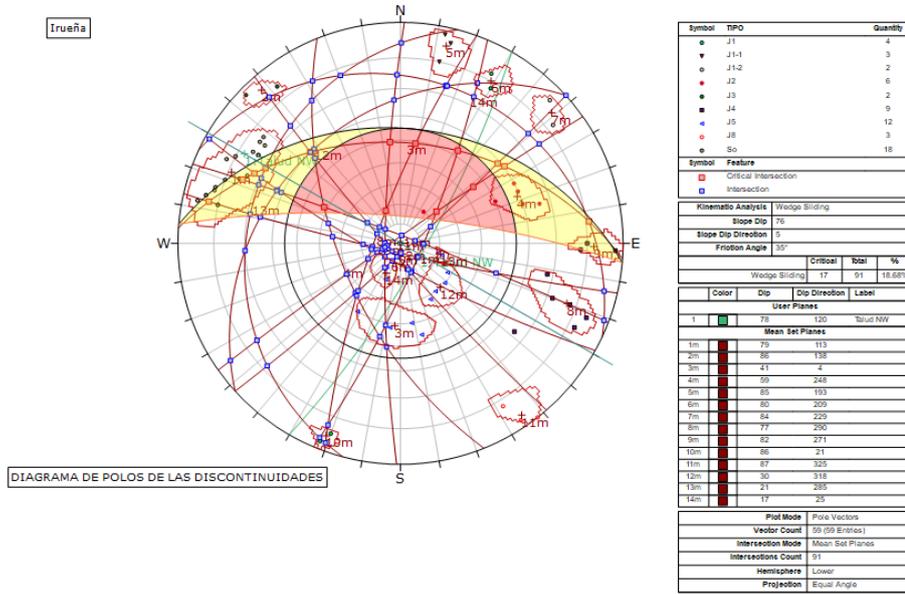
1.1.1.7.1.1. ROTURA PLANA



1.1.1.7.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

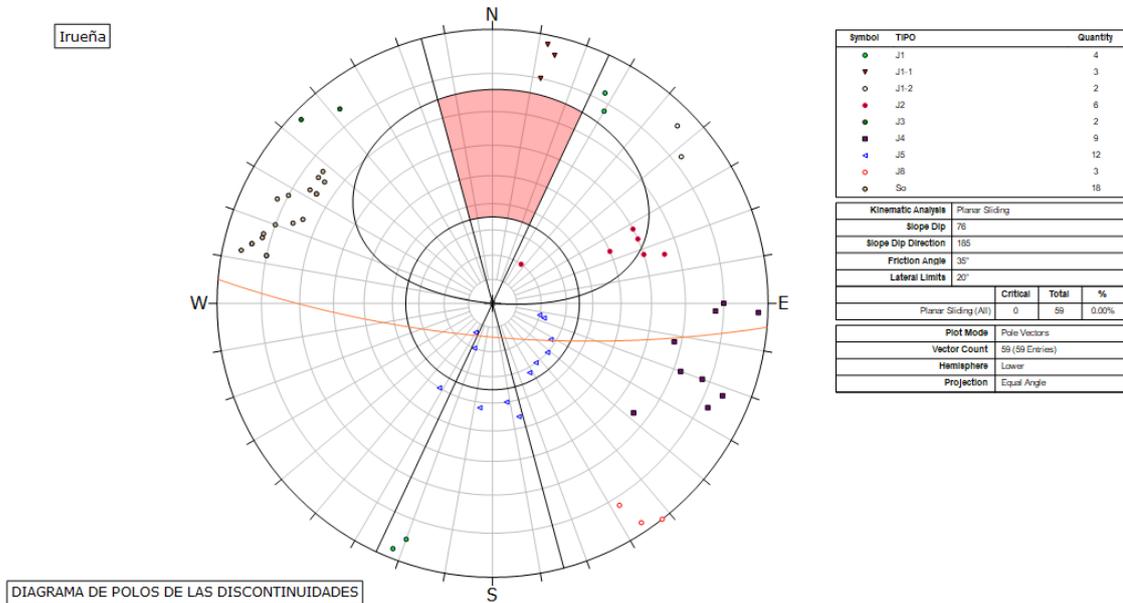


1.1.1.7.1.3. ROTURA POR CUÑAS

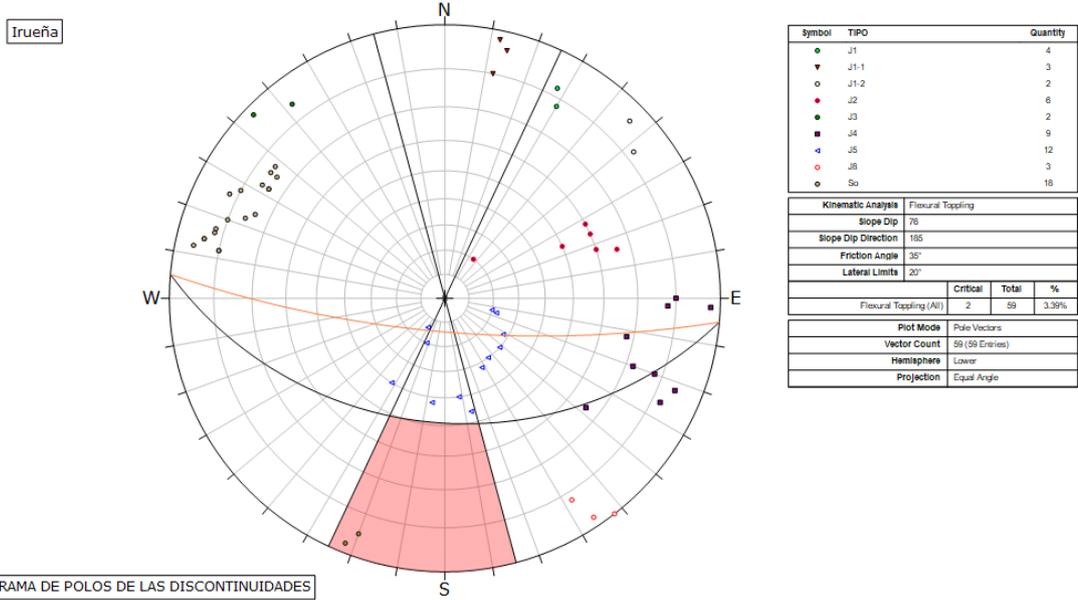


1.1.1.7.2. TALUD IZQUIERDO

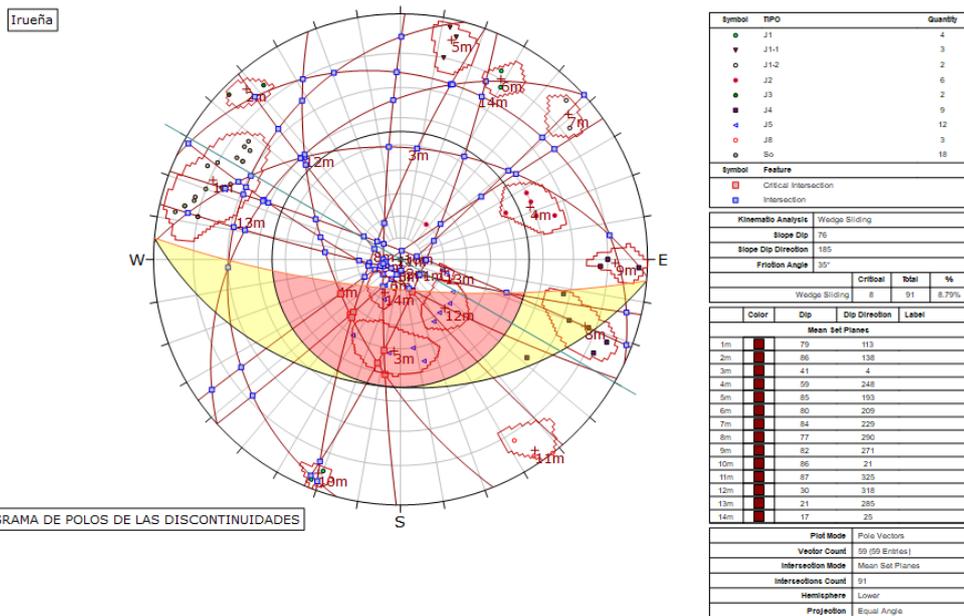
1.1.1.7.2.1. ROTURA PLANA



1.1.1.7.2.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS



1.1.1.7.2.3. ROTURA POR CUÑAS

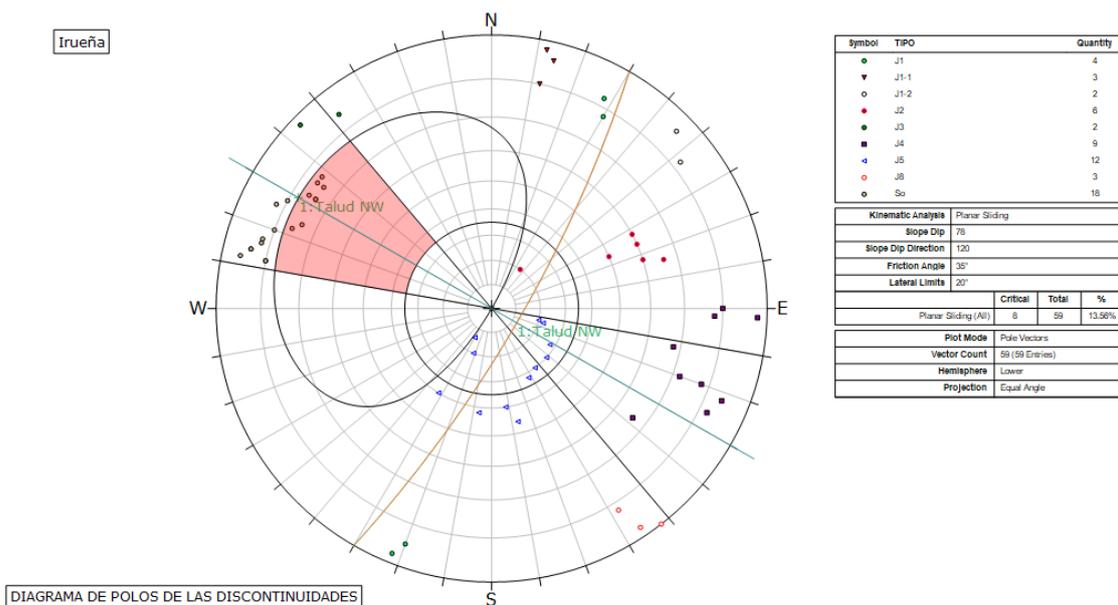


1.2. ZONA DE LA CENTRAL. TALUDES LONGITUDINALES

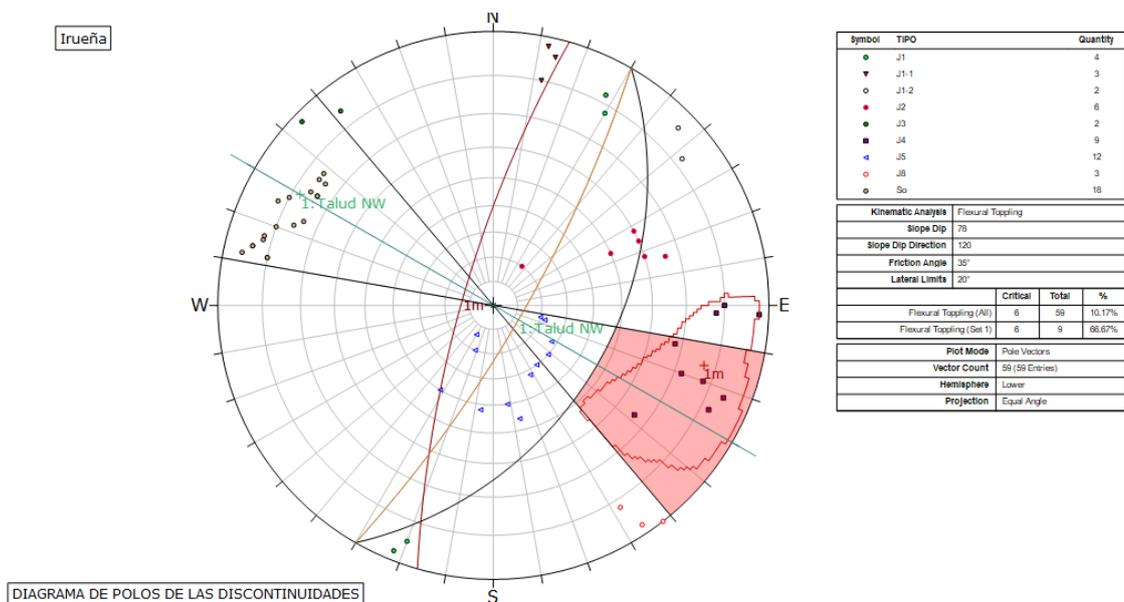
1.2.1. TALUD LONGITUDINAL

1.2.1.1. TALUD NOROESTE

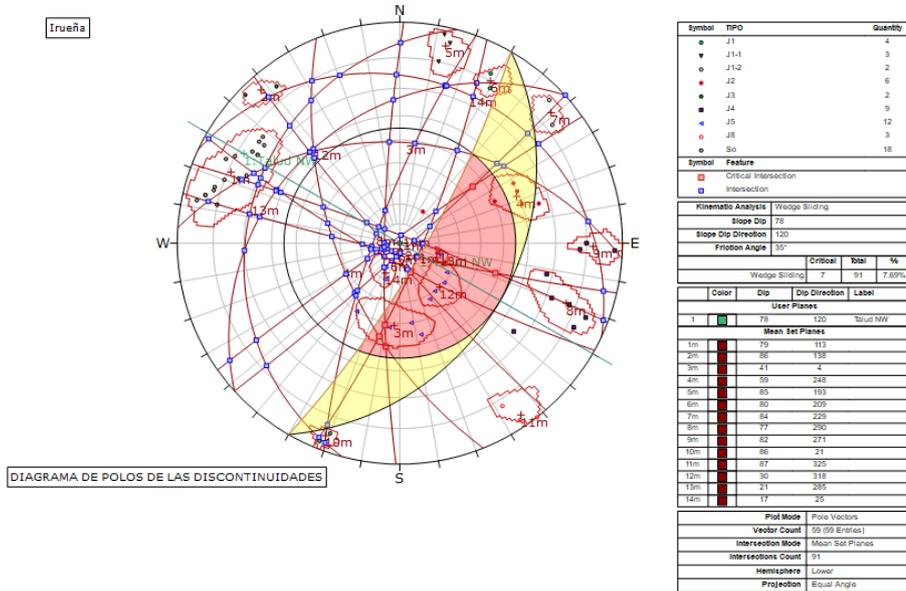
1.2.1.1.1. ROTURA PLANA



1.2.1.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

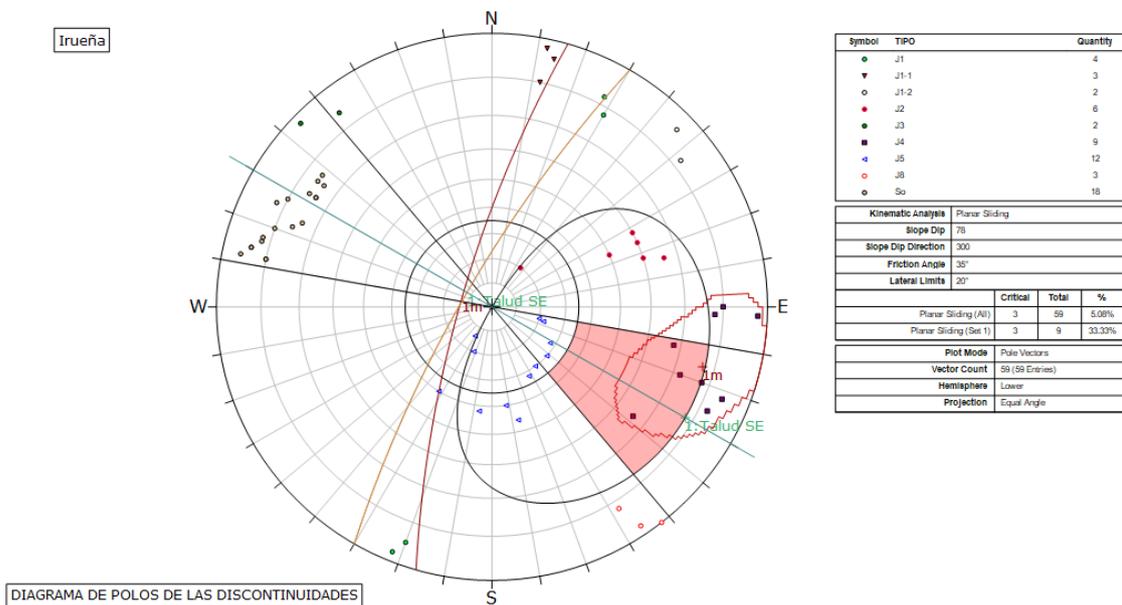


1.2.1.1.3. ROTURA POR CUÑAS

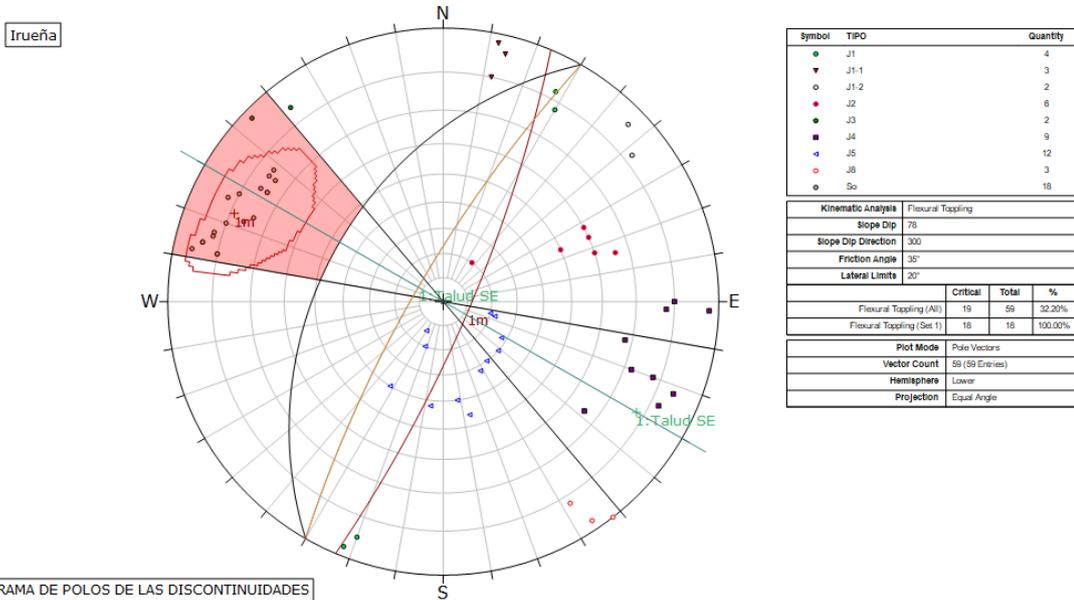


1.2.1.1.2. TALUD SURESTE

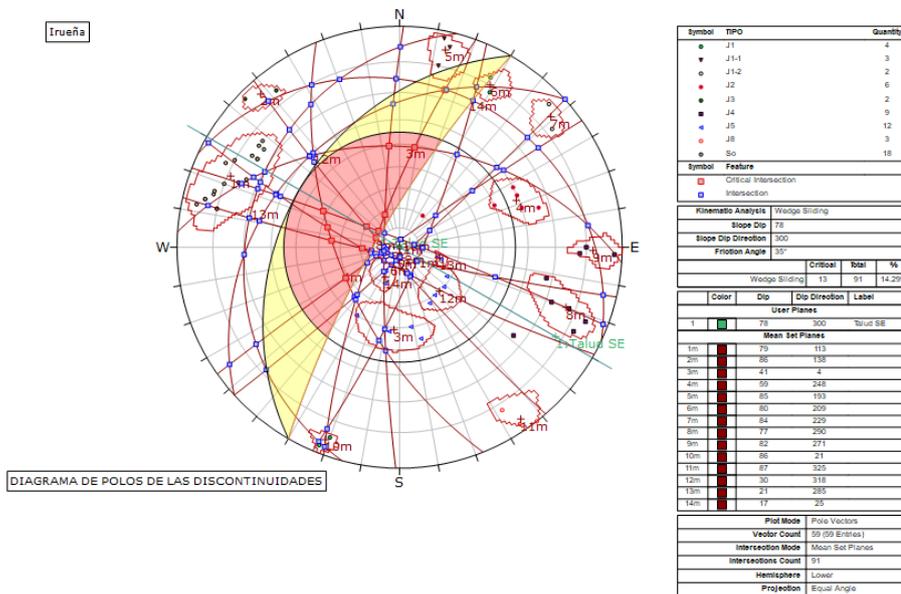
1.2.1.1.2.1. ROTURA PLANA



1.2.1.2.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS



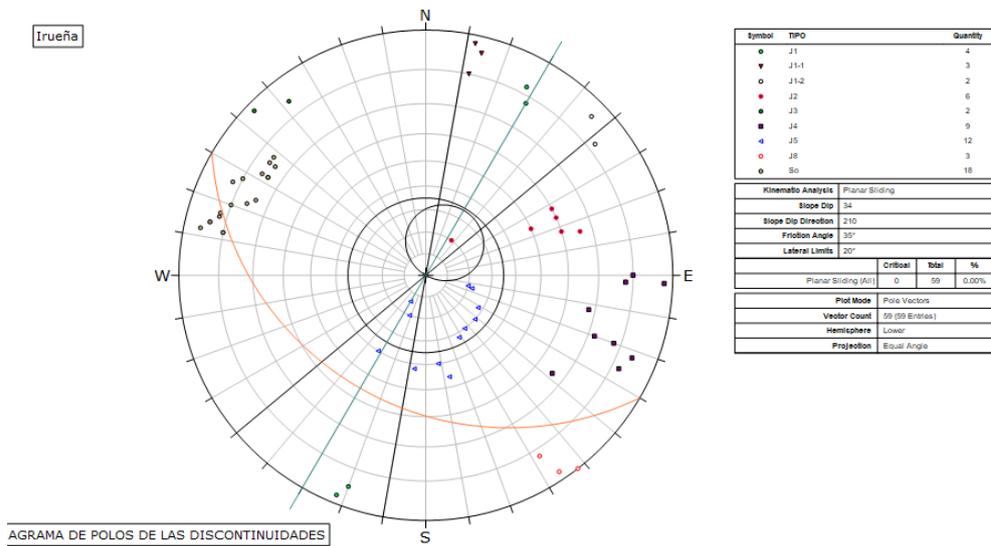
1.2.1.2.3. ROTURA POR CUÑAS



1.2.2. TALUD TRANSVERSAL

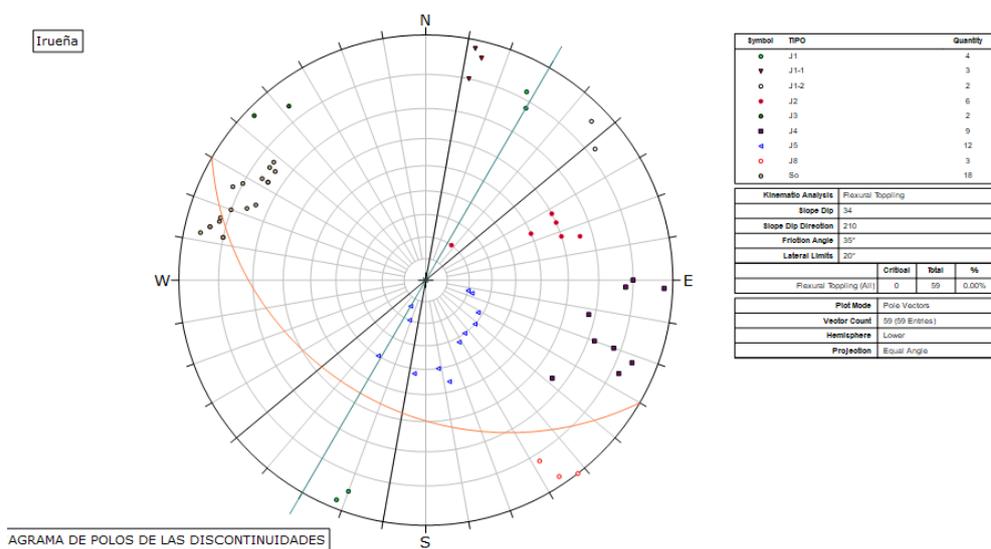
1.2.2.1. TALUD NORESTE

1.2.2.1.1. ROTURA PLANA



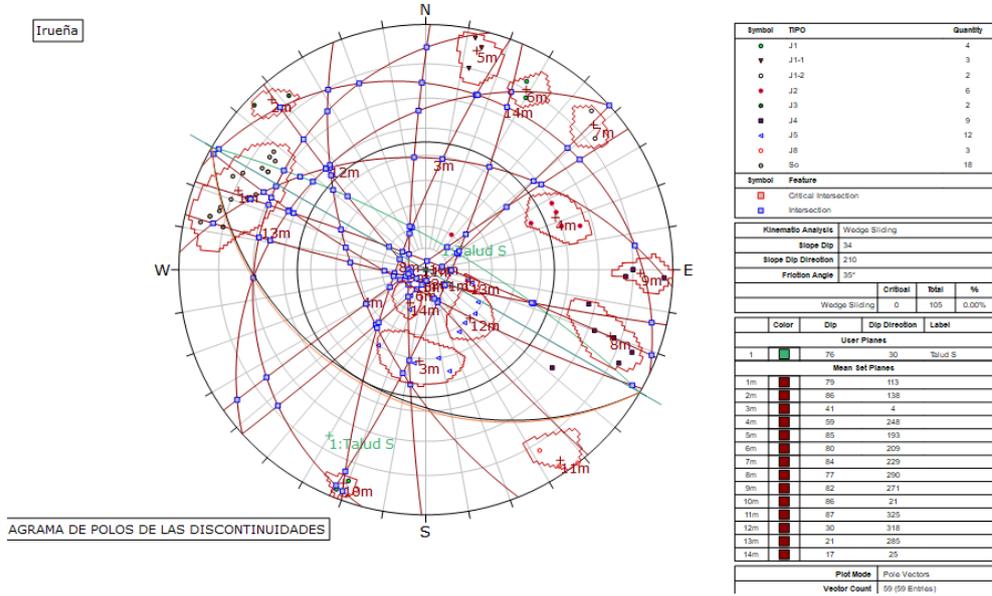
No se produce

1.2.2.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS



No se produce

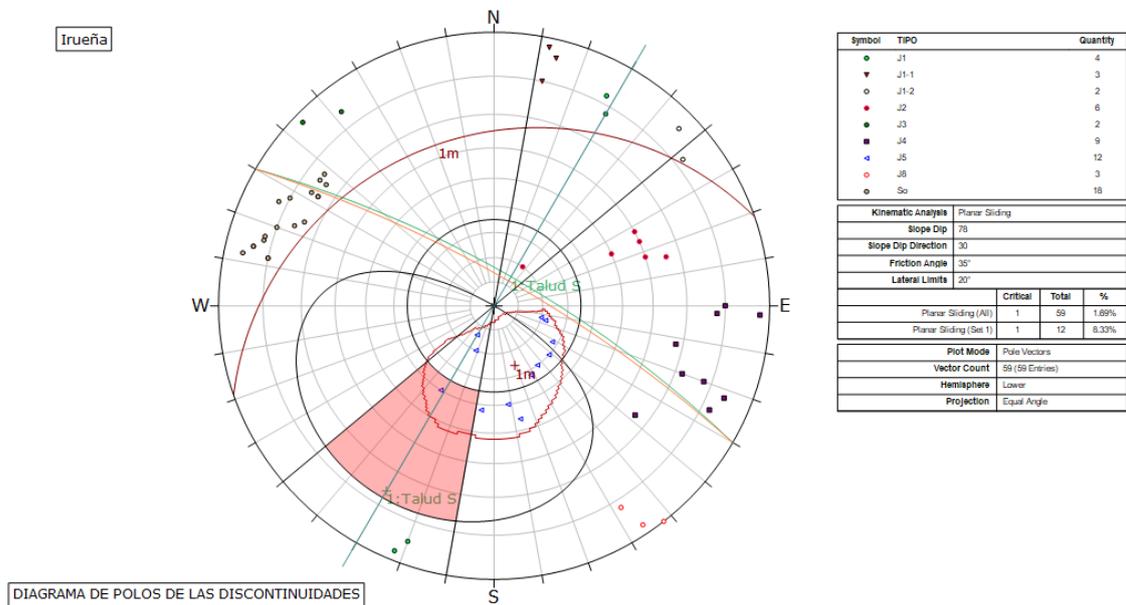
1.2.2.1.3. ROTURA POR CUÑAS



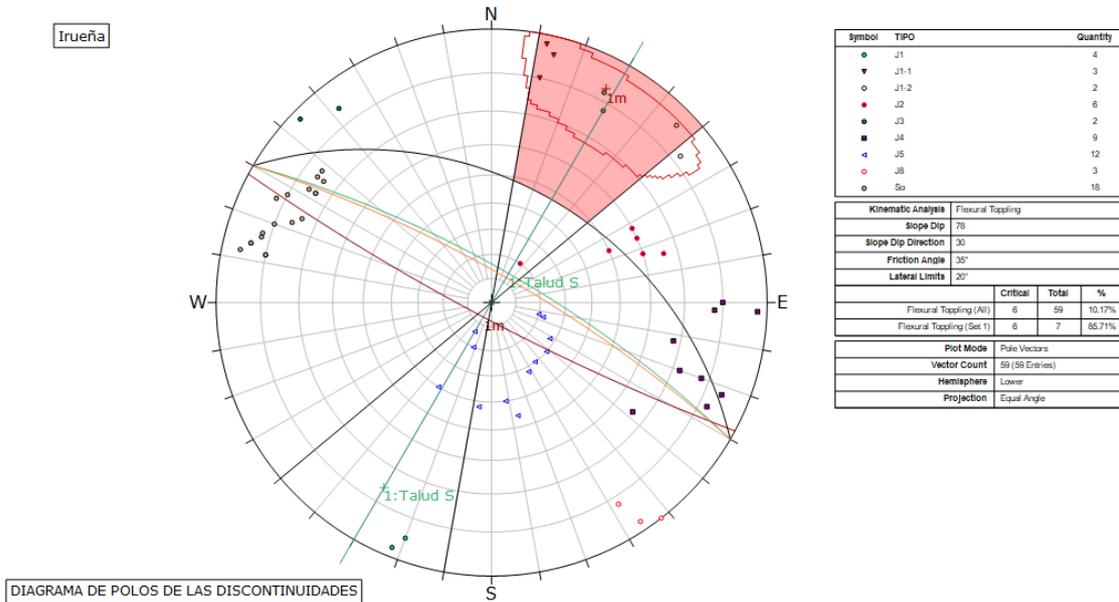
No se produce

1.2.2.2. TALUD SUROESTE

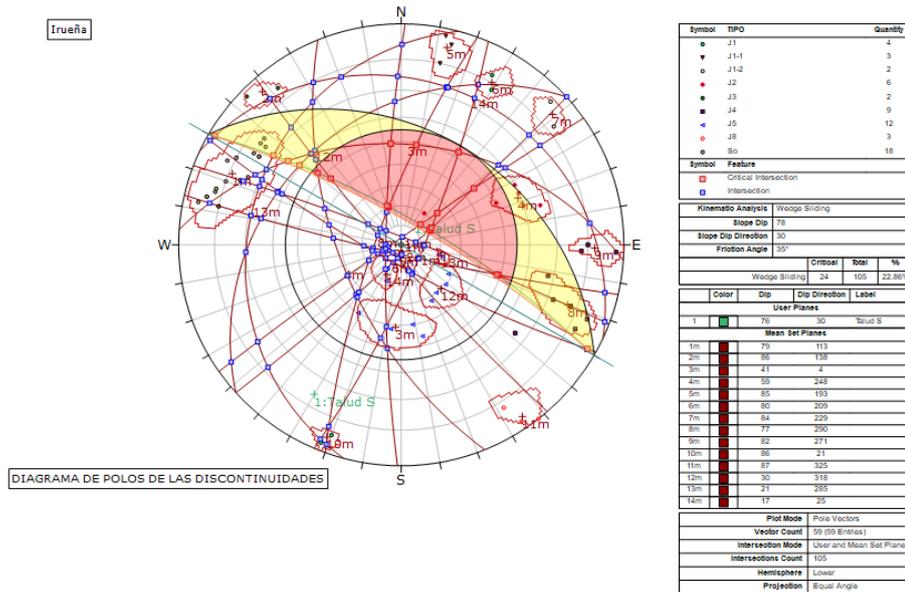
1.2.2.2.1. ROTURA PLANA



1.2.2.2.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS



1.2.2.2.3. ROTURA POR CUÑAS

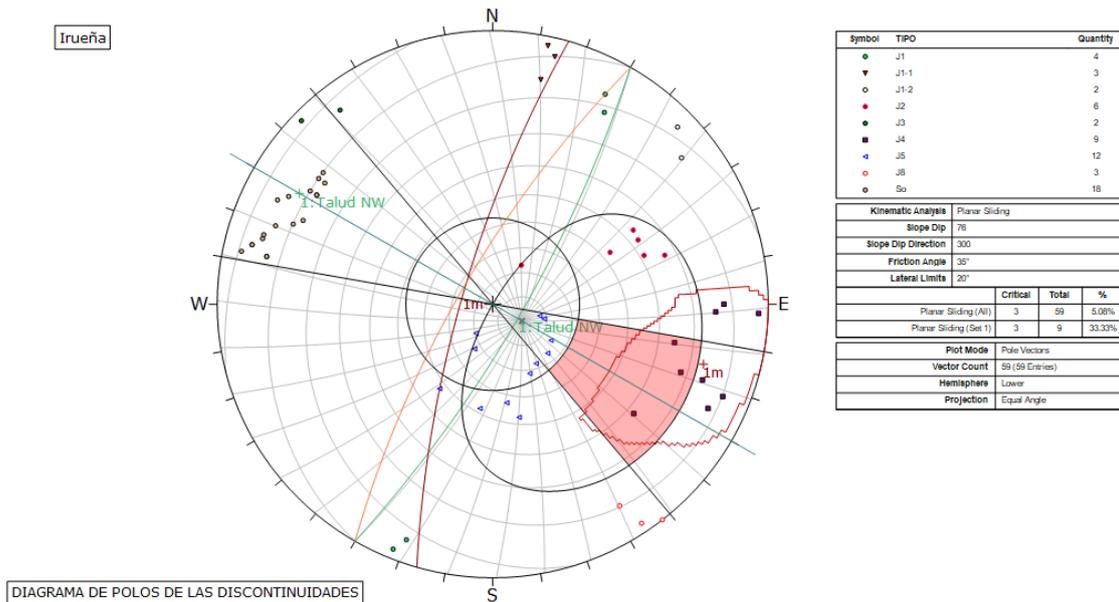


1.3. CANALES DE DESCARGA

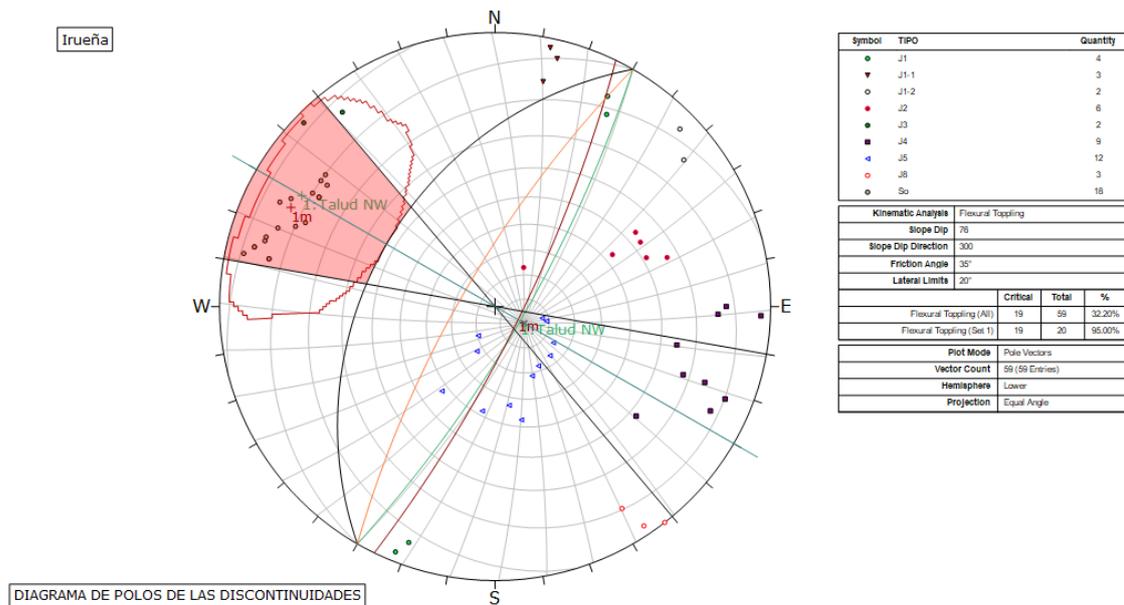
1.3.1. TALUD TRANSVERSAL

1.3.1.1. TALUD DERECHO

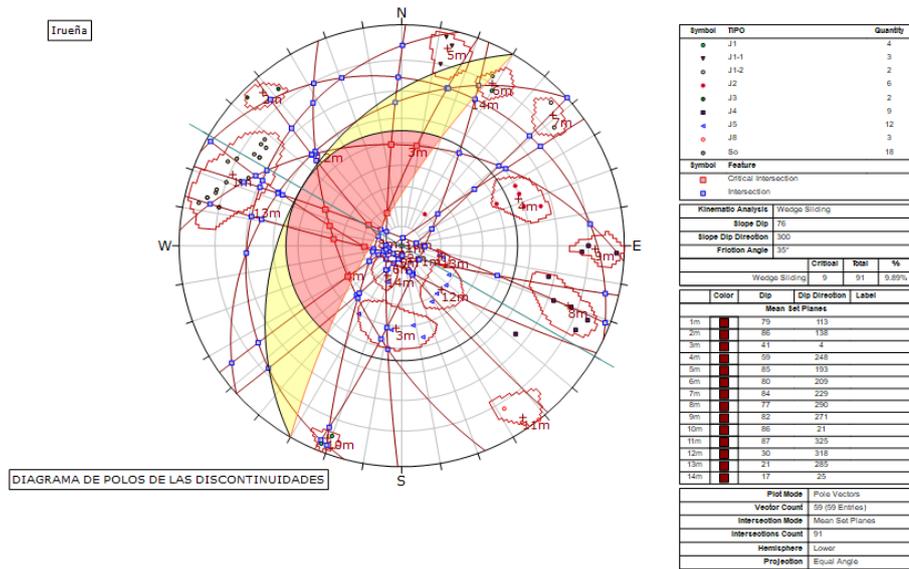
1.3.1.1.1. ROTURA PLANA



1.3.1.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

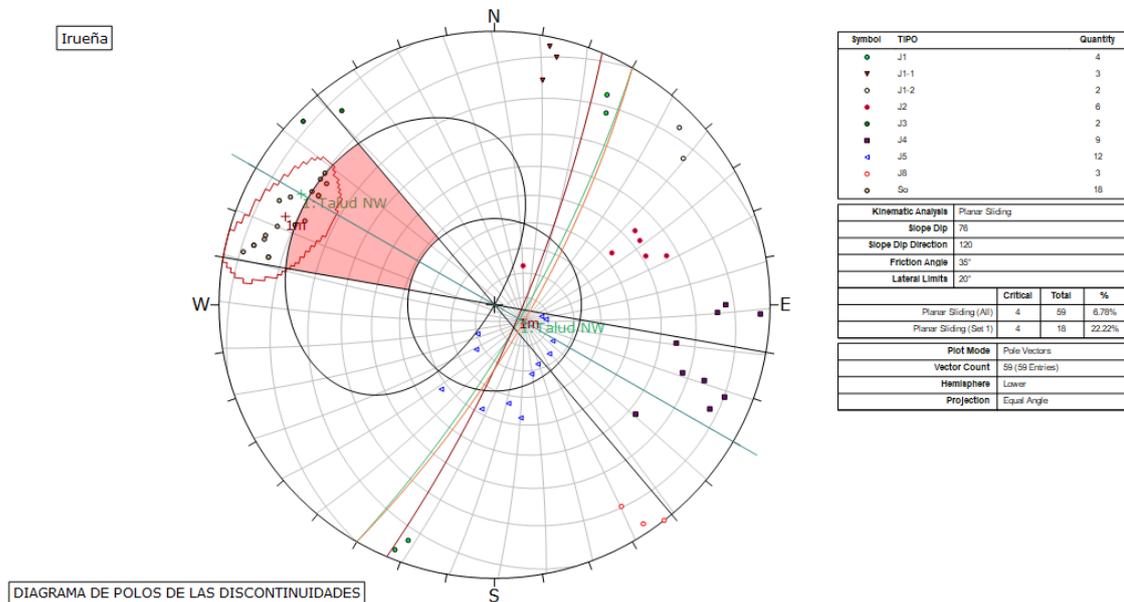


1.3.1.1.3. ROTURA POR CUÑAS

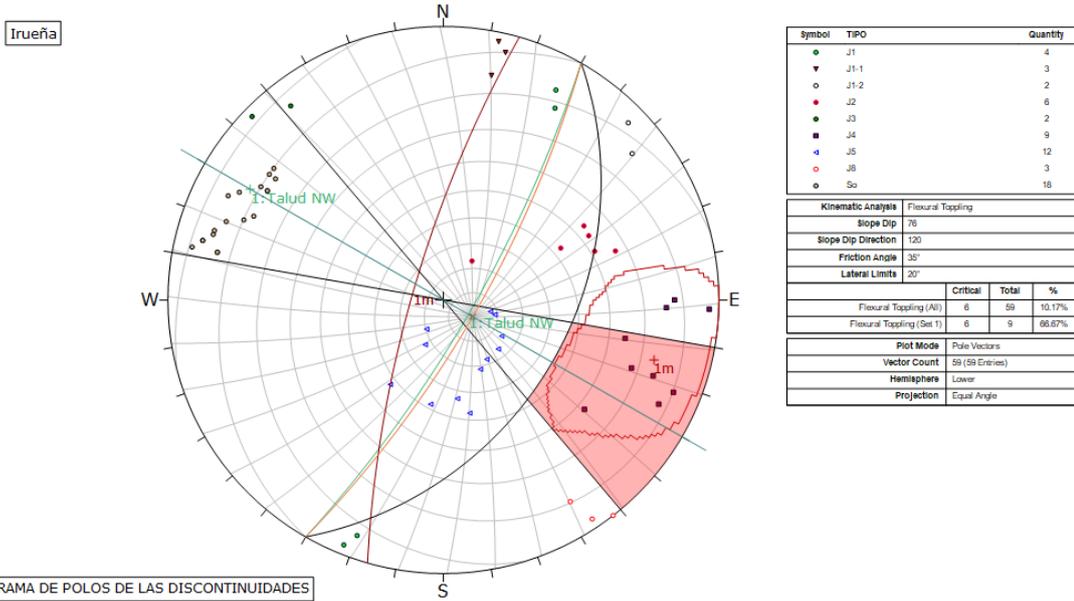


1.3.1.2. TALUD IZQUIERDO

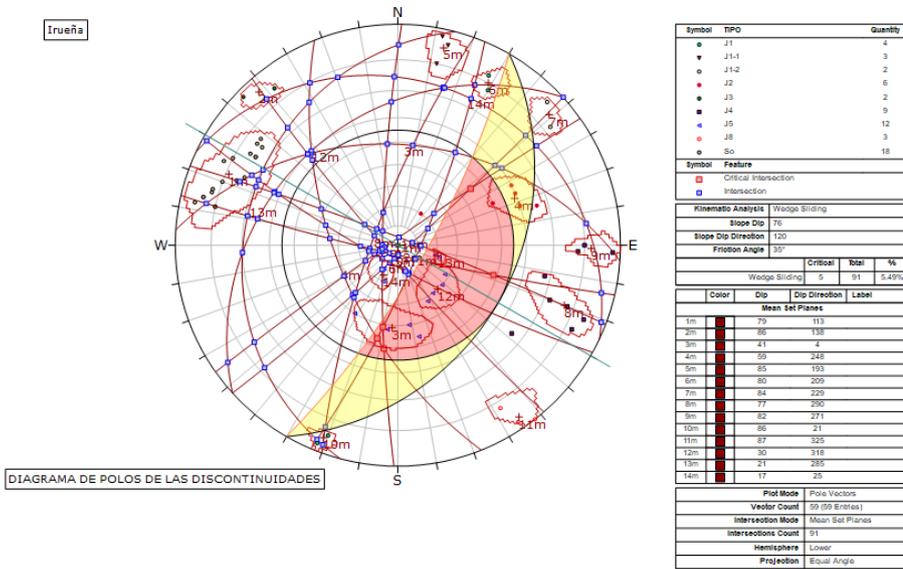
1.3.1.2.1. ROTURA PLANA



1.3.1.2.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS



1.3.1.2.3. ROTURA POR CUÑAS



APÉNDICE 2. CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

1. ANEXO CALCULOS DE ESTABILIDAD

1.1. ZONA DE LA TUBERIA FORZADA

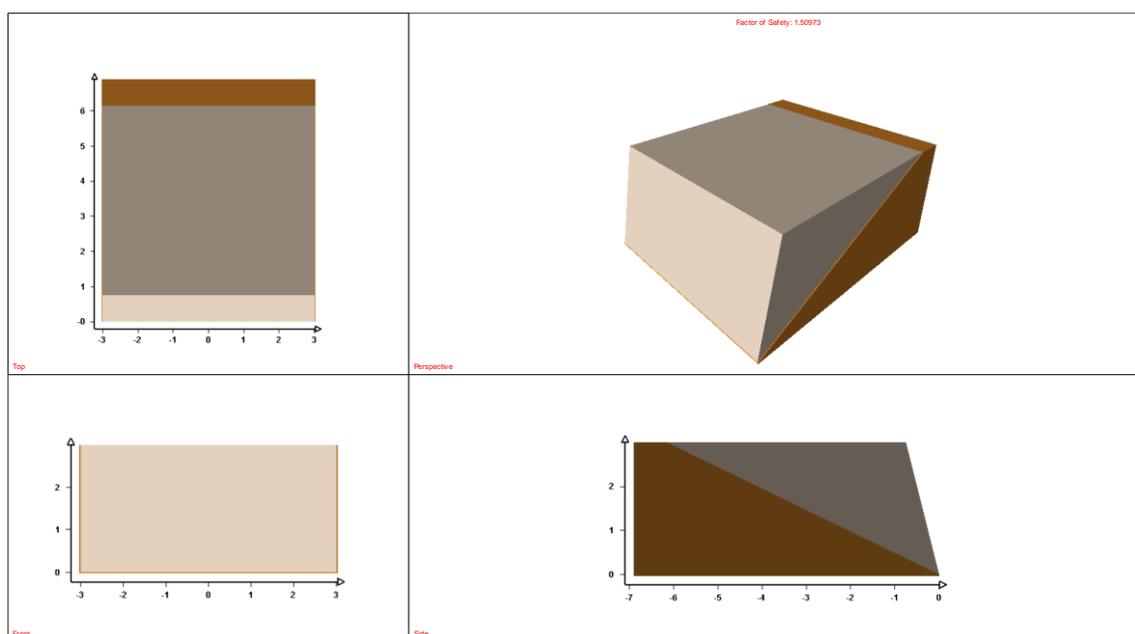
1.1.1. TALUDES TRANSVERSALES

1.1.1.1. TRAMO 1

1.1.1.1.1. TALUD DERECHO

1.1.1.1.1.1. ROTURA PLANA

Esta tipología de rotura se da en junta, de escasa continuidad.



Deterministic Analysis

Factor of Safety: 1.50973

Normal Force: 18.9389 t/m

Normal Stress: 2.76742 t/m²

Shear Strength: 2.03777 t/m²

Driving Force: 9.2371 t/m

Resisting Force: 13.9455 t/m

Failure Plane Angle: 26 deg

Upper Face Angle: 0 deg

Bench Width: Not Present

Waviness: 0 deg

Failure Plane Length: 6.84352 m

Slope Length: 3.09184 m

Geometry

Slope Height: 3 m

Wedge Weight: 21.0714 t/m

Wedge Volume: 8.10439 m³/m

Wedge Height: 3 m

Unit Weight: 2.6 t/m³

Slope Angle: 76 deg

Strength

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

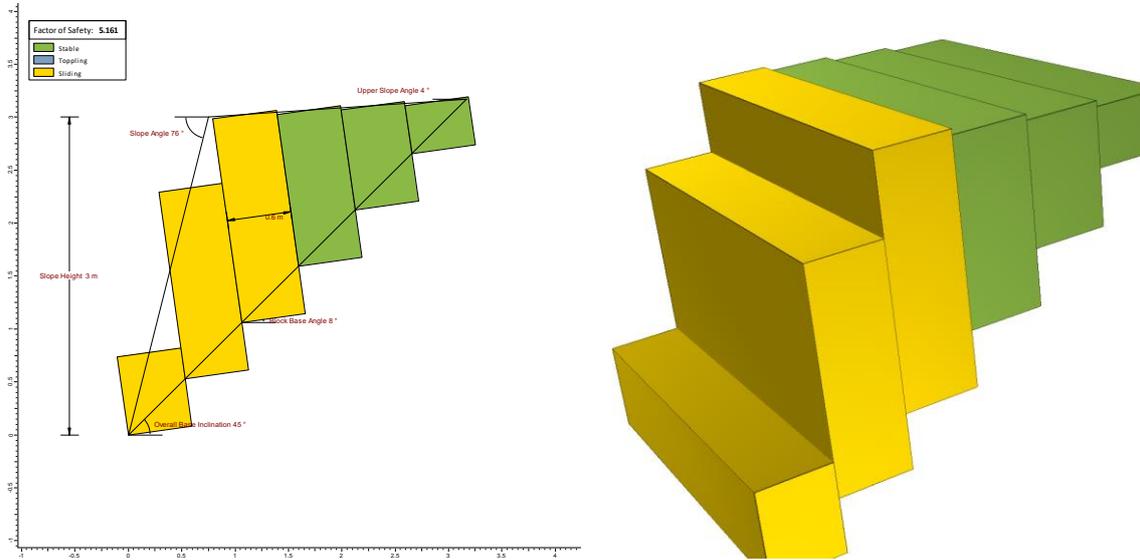
Friction Angle: 35 deg

Cohesion: 0.1 t/m²

Shear Strength: 2.03777 t/m²

Shear Resistance: 13.9455 t/m

1.1.1.1.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS



RocTopples Analysis Information

ROCTOPPLE - Rock Toppling Analysis

Project Summary

File Name Tuberia_T1_TD.rtop

File Version 2.002

Project Title ROCTOPPLE - Rock Toppling Analysis

Date Created 16/12/2022, 10:19:01

General Settings

Units Metric, stress as kPa

Unit Weight of Water (kN/m³) 9.81

Analysis Type Deterministic

Toppling Model Block Toppling

Analysis Results

Factor of Safety

Factor of Safety 5.161

Block Details

Index	Height (m)	Weight (kN)	Yn/x	Type	Base Tension	Pn-1,t (kN)	Pn-1,s (kN)	Pn-1 (kN)	Pn,t (kN)	Pn,s (kN)	Pn (kN)	Qn (kN)	Rn (kN)	Sn (kN)	Sn/Rn	Mode
6	0.456	7.392	0.760	Group	No	-4.298	-0.081	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.320	1.029	0.1405	Stable
5	0.950	15.396	1.584	Group	No	-3.741	-0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	15.246	2.143	0.1405	Stable
4	1.444	23.400	2.407	Group	No	-3.184	-0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	23.172	3.257	0.1405	Stable
3	1.939	31.404	3.231	Group	No	-3.849	0.072	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	30.833	4.299	0.1394	Sliding
2	1.775	28.762	2.959	Group	No	-17.467	0.067	0.067	-3.849	0.072	0.072	0.266	28.683	4.007	0.1397	Sliding
1	0.743	12.029	1.238	Toe	No	-3.961	-0.000	-0.000	17.467	0.067	0.067	0.065	11.977	1.741	0.1454	Sliding

Note: Index 1 is the toe of the slope.

Slope Geometry

Property Value

Slope Angle (°) 76

Slope Height (m) 3

Upper Slope Angle (°) 4

Toppling Joint Spacing (m) 0.6

Toppling Joint Dip (°) 82

Overall Base Inclination (°) 45

Point of Application (Block Above is Sliding) 0.75

Point of Application (Block Above is Shearing) 0.75

Rock Properties

Property Value

Rock Unit Weight (kN/m³) 27

Base Shear Strength Model Mohr-Coulomb

Base Cohesion (kN/m²) 1

Base Friction Angle (°) 35

Base Tensile Strength (kN/m²) 0

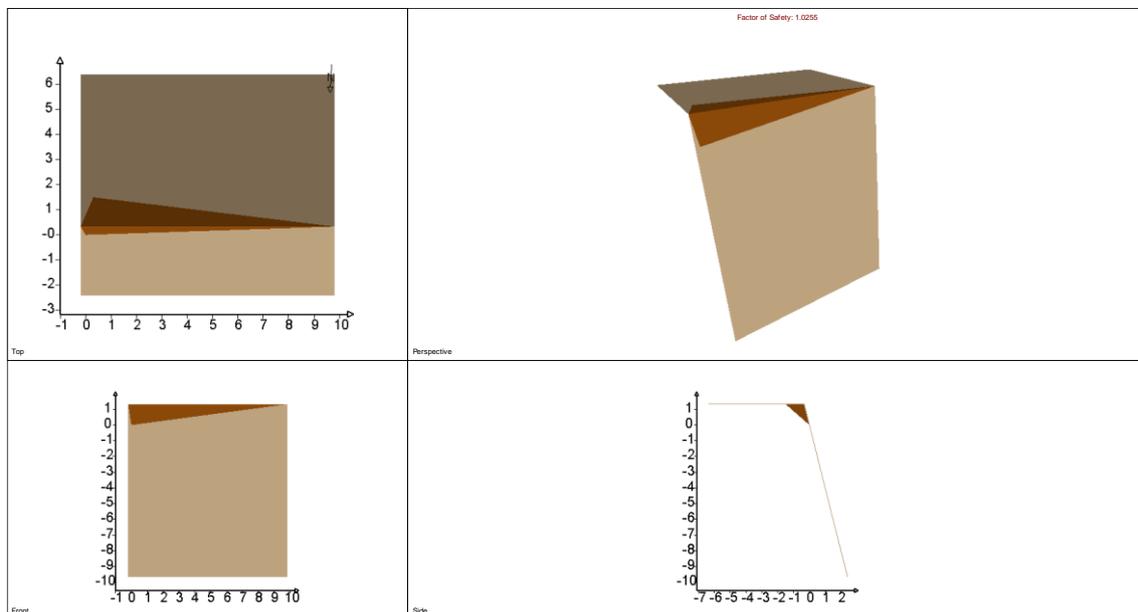
Toppling Joint Shear Strength Model Mohr-Coulomb

Toppling Joint Cohesion (kN/m²) 1

Toppling Joint Friction Angle (°) 35

Toppling Joint Tensile Strength (kN/m²)

1.1.1.1.1.3. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=47
Number of Invalid Wedges=58
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=47

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.0255

Volume: 2.575 m³
Weight: 6.695 t
Area (joint1): 9.662 m²
Area (joint2): 0.861 m²
Area (slope face): 6.822 m²
Area (upper face): 5.835 m²
Normal Force (joint1): 5.053 t
Normal Force (joint2): 0.000 t
Normal Stress (joint1): 0.523 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.000 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.466 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.000 t/m²
Driving Force: 4.392 t
Resisting Force: 4.504 t
Mode: Sliding on Joint1

Sliding Direction

Plunge: 41.000 deg
Trend: 4.000 deg

Line of Intersection

Plunge: 40.914 deg
Trend: 8.458 deg
Length: 2.021 m

Slope Input Data

Height: 11.000 m

Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 357.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 41.000 deg
Dip Direction: 4.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 77.000 deg
Dip Direction: 290.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 9.903 m
Joint2: 1.378 m

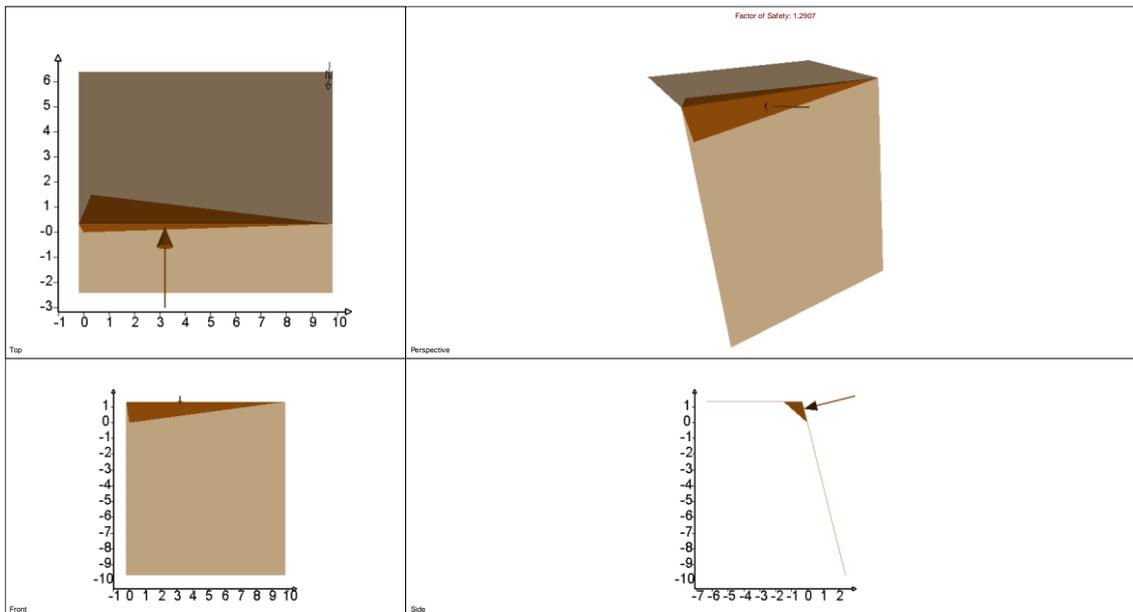
Persistence

Joint1: 9.903 m
Joint2: 2.021 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 41.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 4.000 deg
Dip of Joint 2: 77.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 290.000 deg

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,15 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=47
Number of Invalid Wedges=58
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=47

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.2907

Volume: 2.575 m³
Weight: 6.695 t
Area (joint1): 9.662 m²
Area (joint2): 0.861 m²
Area (slope face): 6.822 m²
Area (upper face): 5.835 m²
Normal Force (joint1): 5.886 t
Normal Force (joint2): 0.000 t
Normal Stress (joint1): 0.609 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.000 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.527 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.000 t/m²
Driving Force: 4.392 t
Resisting Force: 5.669 t
Mode: Sliding on Joint1

Sliding Direction

Plunge: 41.000 deg
Trend: 4.000 deg

Line of Intersection

Plunge: 40.914 deg
Trend: 8.458 deg
Length: 2.021 m

Slope Input Data

Height: 11.000 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 357.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 41.000 deg
Dip Direction: 4.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 77.000 deg
Dip Direction: 290.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 9.903 m
Joint2: 1.378 m

Persistence

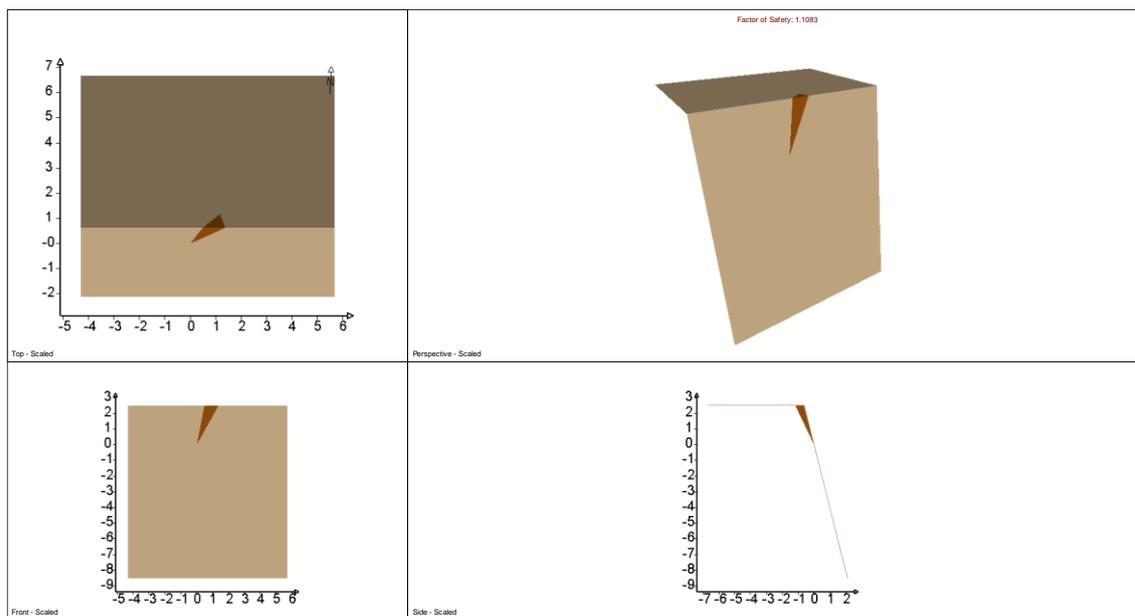
Joint1: 9.903 m
Joint2: 2.021 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 41.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 4.000 deg
Dip of Joint 2: 77.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 290.000 deg

1.1.1.1.2. TALUD IZQUIERDO

1.1.1.1.2.1. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=24
Number of Invalid Wedges=81
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=24

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.1083

Volume: 0.204 m³

Weight: 0.530 t

Area (joint1): 1.107 m²

Area (joint2): 0.857 m²

Area (slope face): 1.131 m²

Area (upper face): 0.245 m²

Normal Force (joint1): 0.115 t

Normal Force (joint2): 0.302 t

Normal Stress (joint1): 0.103 t/m²

Normal Stress (joint2): 0.353 t/m²

Shear Strength (joint1): 0.172 t/m²

Shear Strength (joint2): 0.347 t/m²

Driving Force: 0.441 t

Resisting Force: 0.488 t

Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 56.236 deg

Trend: 221.996 deg

Line of Intersection

Plunge: 56.236 deg

Trend: 221.996 deg

Length: 3.000 m

Slope Input Data

Height: 11.000 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 177.000 deg

c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 86.000 deg
Dip Direction: 138.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 2.617 m
Joint2: 2.913 m

Persistence

Joint1: 3.000 m
Joint2: 3.000 m

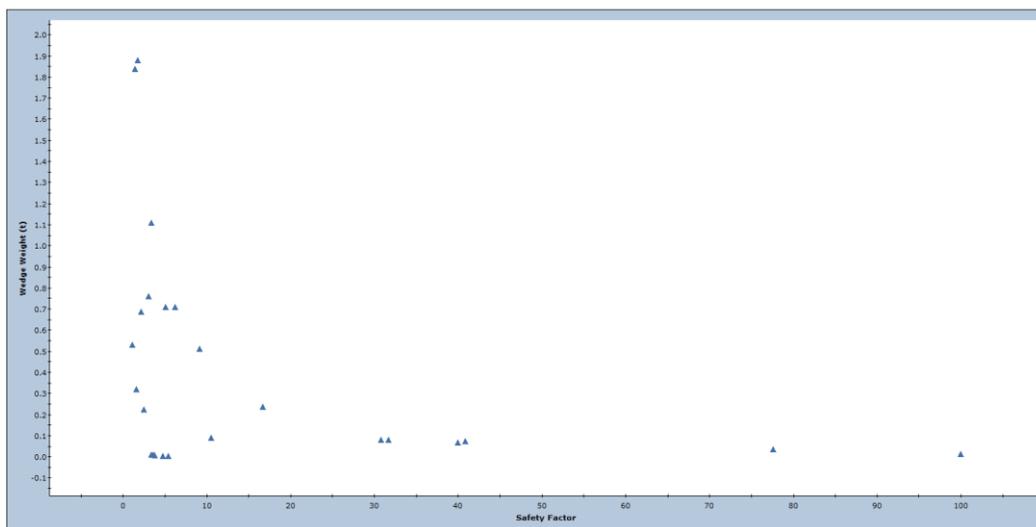
Joint2 Input Data

Dip: 59.000 deg
Dip Direction: 248.000 deg
Waviness: 0.000 deg

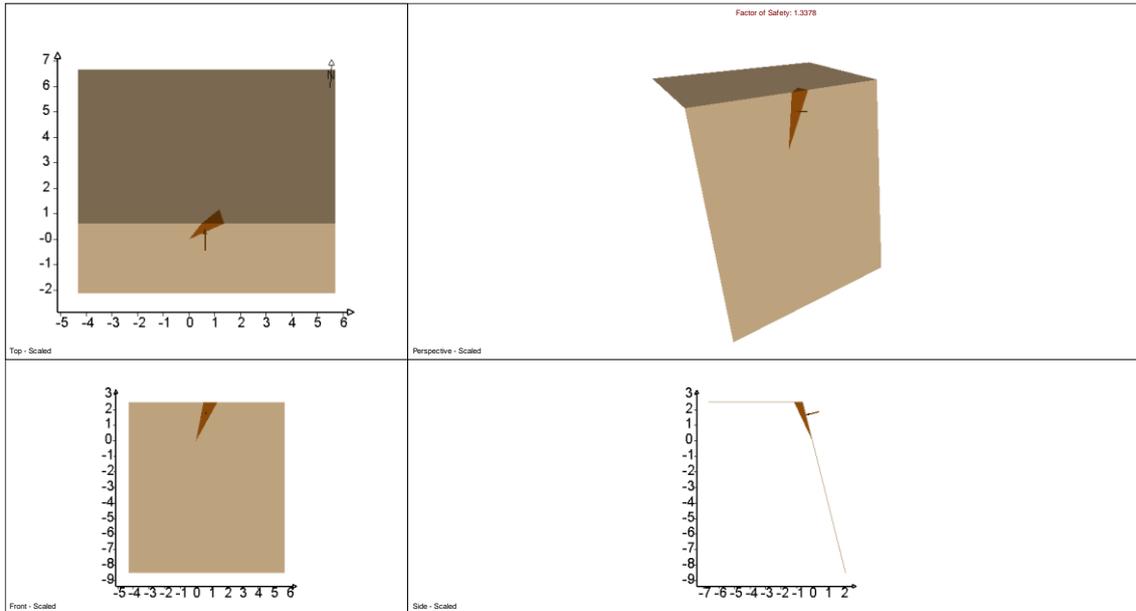
Combination Info

Dip of Joint 1: 86.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 138.000 deg
Dip of Joint 2: 59.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 248.000 deg

Safety Factor vs. Wedge Weight (t)



Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,07 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=24
Number of Invalid Wedges=81
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=24

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.3378
Volume: 0.204 m³
Weight: 0.530 t
Area (joint1): 1.107 m²
Area (joint2): 0.857 m²
Area (slope face): 1.131 m²
Area (upper face): 0.245 m²
Normal Force (joint1): 0.188 t
Normal Force (joint2): 0.353 t
Normal Stress (joint1): 0.170 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.411 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.219 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.388 t/m²
Driving Force: 0.441 t
Resisting Force: 0.589 t
Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 56.236 deg
Trend: 221.996 deg

Line of Intersection

Plunge: 56.236 deg
Trend: 221.996 deg
Length: 3.000 m

Slope Input Data

Height: 11.000 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 177.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 86.000 deg
Dip Direction: 138.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 59.000 deg
Dip Direction: 248.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 2.617 m

Joint2: 2.913 m

Persistence

Joint1: 3.000 m

Joint2: 3.000 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 86.000 deg

Dip Direction of Joint 1: 138.000 deg

Dip of Joint 2: 59.000 deg

Dip Direction of Joint 2: 248.000 deg

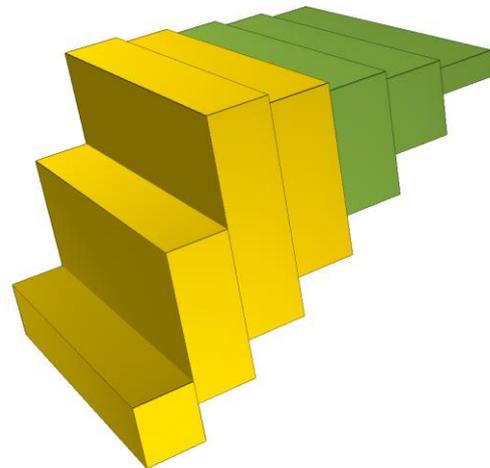
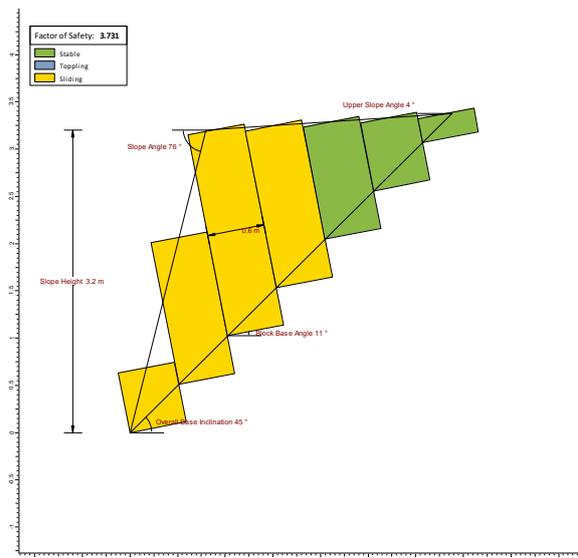
1.1.1.2. TRAMO 2.

1.1.1.2.1. TALUD DERECHO

1.1.1.2.1.1. ROTURA PLANA

Muy escasas posibilidades de rotura.

1.1.1.2.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS



RocTopples Analysis Information

ROCTOPPLE - Rock Toppling Analysis

Project Summary

File Name Tuberia_T2_TD.rtop

File Version 2.002

Project Title ROCTOPPLE - Rock Toppling Analysis

Date Created 16/12/2022, 10:19:01

General Settings

Units Metric, stress as kPa

Unit Weight of Water (kN/m³) 9.81

Analysis Type Deterministic

Toppling Model Block Toppling

Analysis Results

Factor of Safety

Factor of Safety 3.731

Block Details

Index	Height (m)	Weight (kN)	Yn/x	Type	Base Tension	Pn-1,t (kN)	Pn-1,s (kN)	Pn-1 (kN)	Pn,t (kN)	Pn,s (kN)	Pn (kN)	Qn (kN)	Rn (kN)	Sn (kN)	Sn/Rn	Mode
7	0.253	4.099	0.422	Group	No	-4.380	-0.134	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.024	0.782	0.1944	Stable
6	0.731	11.849	1.219	Group	No	-3.640	-0.083	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	11.631	2.261	0.1944	Stable
5	1.210	19.598	2.016	Group	No	-2.901	-0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	19.238	3.740	0.1944	Stable
4	1.688	27.348	2.814	Group	No	-2.162	0.108	0.108	0.000	0.000	0.000	0.000	26.373	5.110	0.1938	Sliding
3	2.167	35.098	3.611	Group	No	-2.909	0.152	0.152	-2.162	0.108	0.108	0.473	34.597	6.653	0.1923	Sliding
2	1.525	24.711	2.542	Group	No	-15.535	0.108	0.108	-2.909	0.152	0.152	0.329	24.501	4.759	0.1942	Sliding
1	0.643	10.422	1.072	Toe	No	-3.747	-0.000	-0.000	15.535	0.108	0.108	0.084	10.315	2.097	0.2033	Sliding

Slope Geometry

Property Value

Slope Angle (°) 76

Slope Height (m) 3.2

Upper Slope Angle (°) 4

Toppling Joint Spacing (m) 0.6

Toppling Joint Dip (°) 79

Overall Base Inclination (°) 45

Point of Application (Block Above is Sliding) 0.75

Point of Application (Block Above is Shearing) 0.75

Rock Properties

Property Value

Rock Unit Weight (kN/m³) 27

Base Shear Strength Model Mohr-Coulomb

Base Cohesion (kN/m²) 1

Base Friction Angle (°) 35

Base Tensile Strength (kN/m²) 0

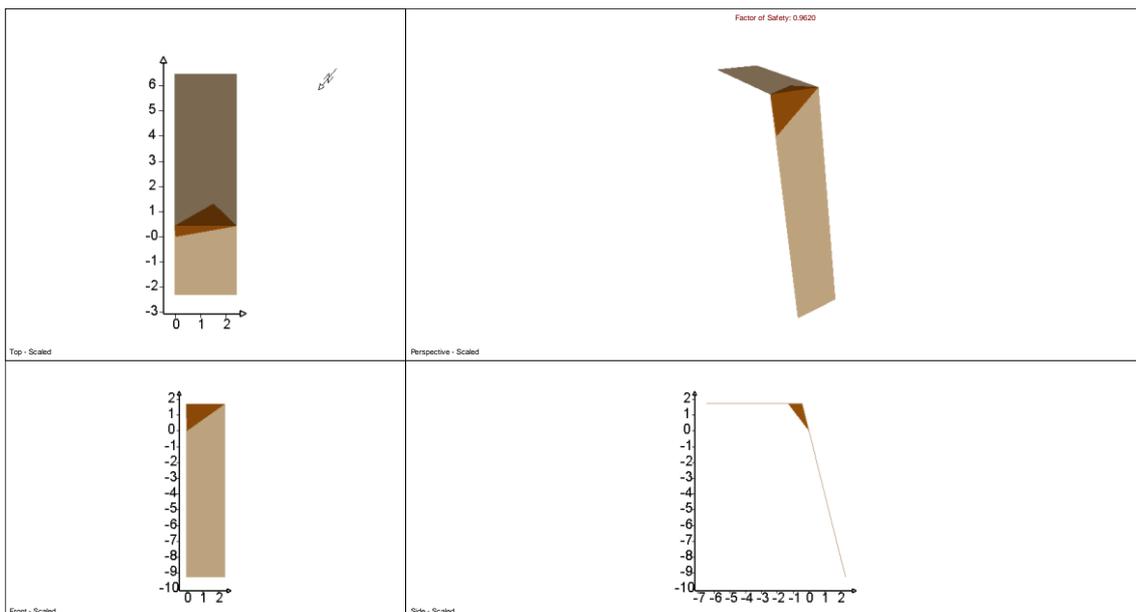
Toppling Joint Shear Strength Model Mohr-Coulomb

Toppling Joint Cohesion (kN/m²) 1

Toppling Joint Friction Angle (°) 35

Toppling Joint Tensile Strength (kN/m²) 0

1.1.1.2.1.3. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=45
Number of Invalid Wedges=60
Number of Failed Wedges=1
Number of Stable Wedges=44

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 0.9620

Volume: 0.633 m³
Weight: 1.645 t
Area (joint1): 1.689 m²
Area (joint2): 1.580 m²
Area (slope face): 2.195 m²
Area (upper face): 1.099 m²
Normal Force (joint1): 1.242 t
Normal Force (joint2): 0.000 t
Normal Stress (joint1): 0.735 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.000 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.615 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.000 t/m²
Driving Force: 1.079 t
Resisting Force: 1.038 t
Mode: Sliding on Joint1

Sliding Direction

Plunge: 41.000 deg
Trend: 4.000 deg

Line of Intersection

Plunge: 40.914 deg
Trend: 8.458 deg
Length: 2.638 m

Slope Input Data

Height: 11.000 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 320.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 41.000 deg
Dip Direction: 4.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 77.000 deg
Dip Direction: 290.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 3.000 m
Joint2: 1.782 m

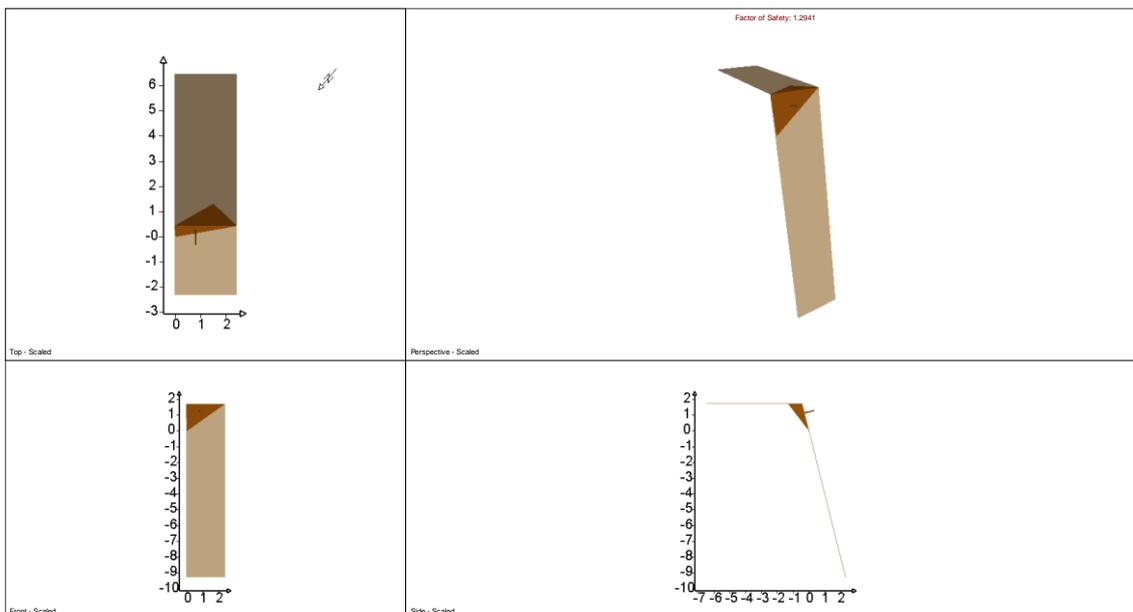
Persistence

Joint1: 3.000 m
Joint2: 2.638 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 41.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 4.000 deg
Dip of Joint 2: 77.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 290.000 deg

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,2 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=45
Number of Invalid Wedges=60
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=45

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.2941

Volume: 0.633 m³
Weight: 1.645 t
Area (joint1): 1.689 m²
Area (joint2): 1.580 m²
Area (slope face): 2.195 m²
Area (upper face): 1.099 m²
Normal Force (joint1): 1.523 t
Normal Force (joint2): 0.000 t
Normal Stress (joint1): 0.902 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.000 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.731 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.000 t/m²
Driving Force: 1.079 t
Resisting Force: 1.397 t
Mode: Sliding on Joint1

Sliding Direction

Plunge: 41.000 deg
Trend: 4.000 deg

Line of Intersection

Plunge: 40.914 deg
Trend: 8.458 deg
Length: 2.638 m

Slope Input Data

Height: 11.000 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 320.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 41.000 deg
Dip Direction: 4.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 77.000 deg
Dip Direction: 290.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 3.000 m

Joint2: 1.782 m

Persistence

Joint1: 3.000 m

Joint2: 2.638 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 41.000 deg

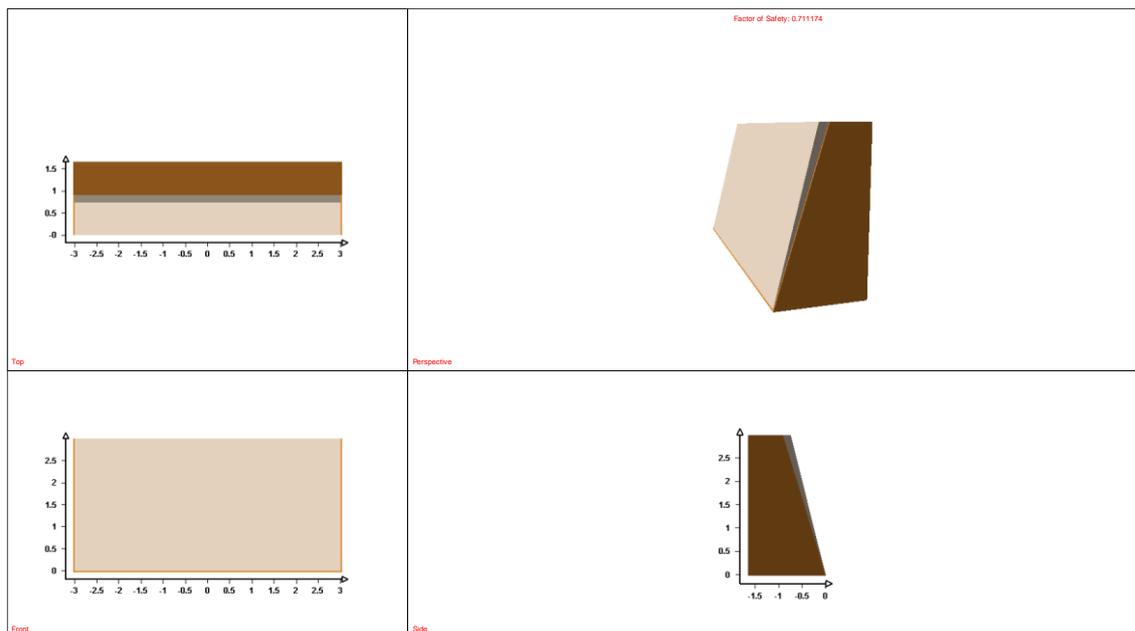
Dip Direction of Joint 1: 4.000 deg

Dip of Joint 2: 77.000 deg

Dip Direction of Joint 2: 290.000 deg

1.1.1.2.2. TALUD IZQUIERDO

1.1.1.2.2.1. ROTURA PLANA



Deterministic Analysis

Factor of Safety: 0.711174

Normal Force: 0.192939 t/m

Normal Stress: 0.061503 t/m²

Shear Strength: 0.143065 t/m²

Driving Force: 0.631076 t/m

Resisting Force: 0.448805 t/m

Geometry

Slope Height: 3 m

Wedge Weight: 0.659911 t/m

Wedge Volume: 0.253812 m³/m

Wedge Height: 3 m

Unit Weight: 2.6 t/m³

Slope Angle: 76 deg

Failure Plane Angle: 73 deg

Upper Face Angle: 0 deg

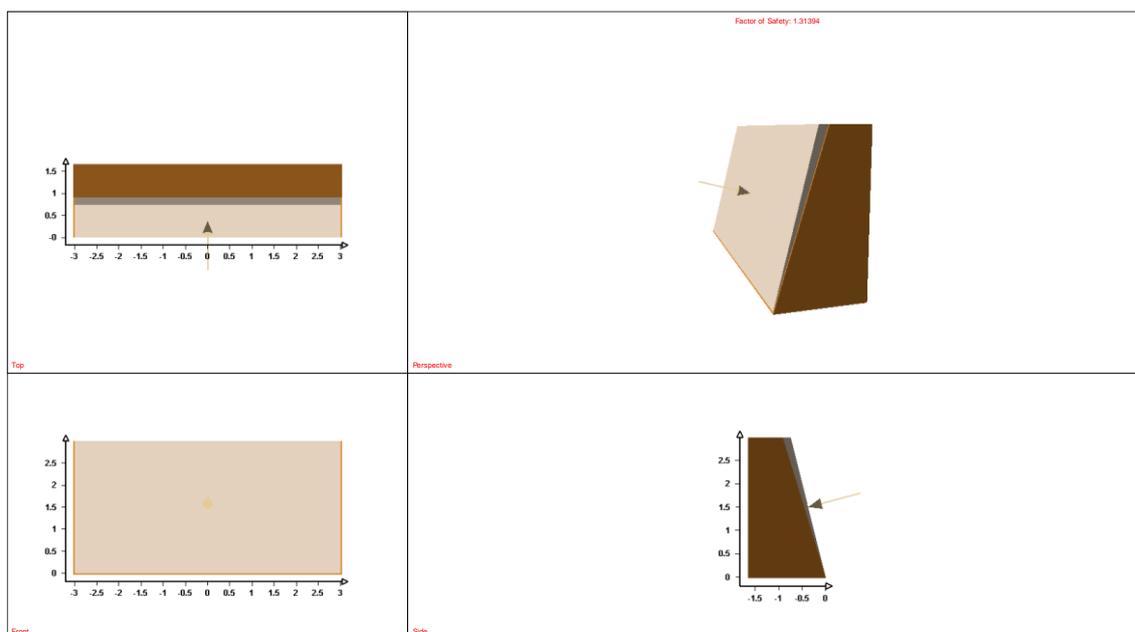
Bench Width: Not Present

Waviness: 0 deg
Failure Plane Length: 3.13708 m
Slope Length: 3.09184 m

Strength

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb
Friction Angle: 35 deg
Cohesion: 0.1 t/m²
Shear Strength: 0.143065 t/m²
Shear Resistance: 0.448805 t/m

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,165 t/m²:



Deterministic Analysis

Factor of Safety: 1.31394

Normal Force: 0.702782 t/m
Normal Stress: 0.224025 t/m²
Shear Strength: 0.256864 t/m²
Driving Force: 0.613272 t/m
Resisting Force: 0.805801 t/m

Geometry

Slope Height: 3 m
Wedge Weight: 0.659911 t/m
Wedge Volume: 0.253812 m³/m

Wedge Height: 3 m
Unit Weight: 2.6 t/m³
Slope Angle: 76 deg
Failure Plane Angle: 73 deg
Upper Face Angle: 0 deg
Bench Width: Not Present
Waviness: 0 deg
Failure Plane Length: 3.13708 m
Slope Length: 3.09184 m

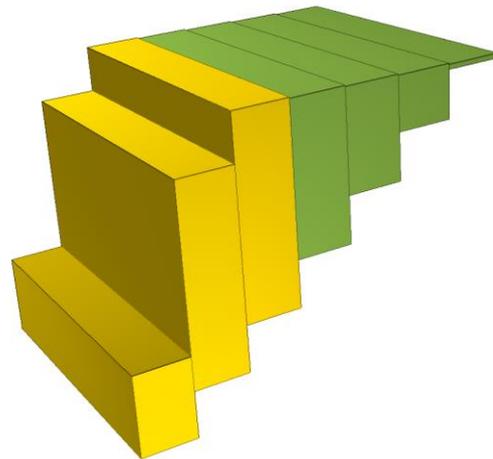
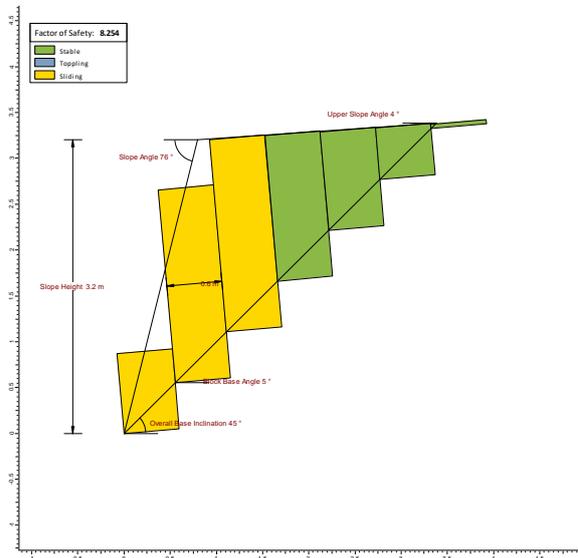
Strength

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb
Friction Angle: 35 deg
Cohesion: 0.1 t/m²
Shear Strength: 0.256864 t/m²
Shear Resistance: 0.805801 t/m

Support Pressure

Slope Face Pressure: 0.165 t/m²
Slope Face Angle: 15 deg

1.1.1.2.2.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS



RocTopple Analysis Information

ROCTOPPLE - Rock Toppling Analysis

Project Summary

File Name Tuberia_T2_TI.rtop

File Version 2.002

Project Title ROCTOPPLE - Rock Toppling Analysis

Date Created 16/12/2022, 10:19:01

General Settings

Units Metric, stress as kPa
Unit Weight of Water (kN/m³) 9.81
Analysis Type Deterministic
Toppling Model Block Toppling

Analysis Results

Factor of Safety

Factor of Safety 8.254

Block Details

Index	Height (m)	Weight (kN)	Yn/x	Type	Base Tension	Pn-1,t (kN)	Pn-1,s (kN)	Pn-1 (kN)	Pn,t (kN)	Pn,s (kN)	Pn (kN)	Qn (kN)	Rn (kN)	Sn (kN)	Sn/Rn	Mode
7	0.048	0.781	0.080	Group	No	-4.807	-0.071	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.778	0.068	0.0875	Stable
6	0.562	9.106	0.937	Group	No	-4.445	-0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	9.072	0.794	0.0875	Stable
5	1.076	17.432	1.793	Group	No	-4.082	-0.027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	17.366	1.519	0.0875	Stable
4	1.590	25.758	2.650	Group	No	-3.719	-0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	25.660	2.245	0.0875	Stable
3	2.104	34.084	3.507	Group	No	-4.394	0.034	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	33.756	2.936	0.0870	Sliding
2	2.110	34.187	3.517	Group	No	-19.441	0.039	0.039	-4.394	0.034	0.034	0.198	34.207	2.975	0.0870	Sliding
1	0.871	14.114	1.452	Toe	No	-4.220	-0.000	-0.000	-	0.039	0.039	0.048	14.109	1.270	0.0900	Sliding

Slope Geometry

Property Value
Slope Angle (°) 76
Slope Height (m) 3.2
Upper Slope Angle (°) 4
Toppling Joint Spacing (m) 0.6
Toppling Joint Dip (°) 85
Overall Base Inclination (°) 45
Point of Application (Block Above is Sliding) 0.75
Point of Application (Block Above is Shearing) 0.75

Rock Properties

Page 1 of 2

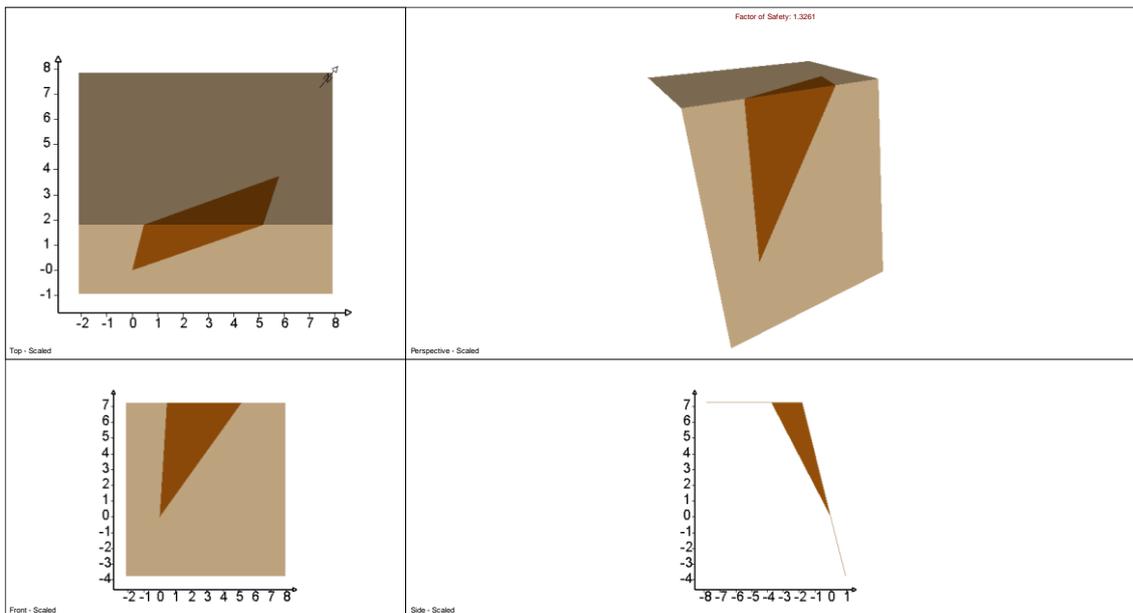
ROCTOPPLE 2.002

Tuberia_T2_TI.rtop 16/12/2022, 10:19:01

Property Value

Rock Unit Weight (kN/m³) 27
Base Shear Strength Model Mohr-Coulomb
Base Cohesion (kN/m²) 1
Base Friction Angle (°) 35
Base Tensile Strength (kN/m²) 0
Toppling Joint Shear Strength Model Mohr-Coulomb
Toppling Joint Cohesion (kN/m²) 1
Toppling Joint Friction Angle (°) 35
Toppling Joint Tensile Strength (kN/m²) 0

1.1.1.2.2.3. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=19
Number of Invalid Wedges=86
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=19

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.3261

Volume: 11.008 m³
Weight: 28.622 t
Area (joint1): 20.999 m²
Area (joint2): 8.618 m²
Area (slope face): 17.540 m²
Area (upper face): 4.561 m²
Normal Force (joint1): 14.390 t
Normal Force (joint2): 20.628 t
Normal Stress (joint1): 0.685 t/m²
Normal Stress (joint2): 2.394 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.580 t/m²
Shear Strength (joint2): 1.776 t/m²
Driving Force: 20.724 t
Resisting Force: 27.482 t
Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 46.391 deg
Trend: 197.107 deg

Line of Intersection

Plunge: 46.391 deg
Trend: 197.107 deg
Length: 10.000 m

Slope Input Data

Height: 11.000 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 140.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 78.000 deg
Dip Direction: 120.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 59.000 deg
Dip Direction: 248.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 7.476 m
Joint2: 9.073 m

Persistence

Joint1: 10.000 m

Joint2: 10.000 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 78.000 deg

Dip Direction of Joint 1: 120.000 deg

Dip of Joint 2: 59.000 deg

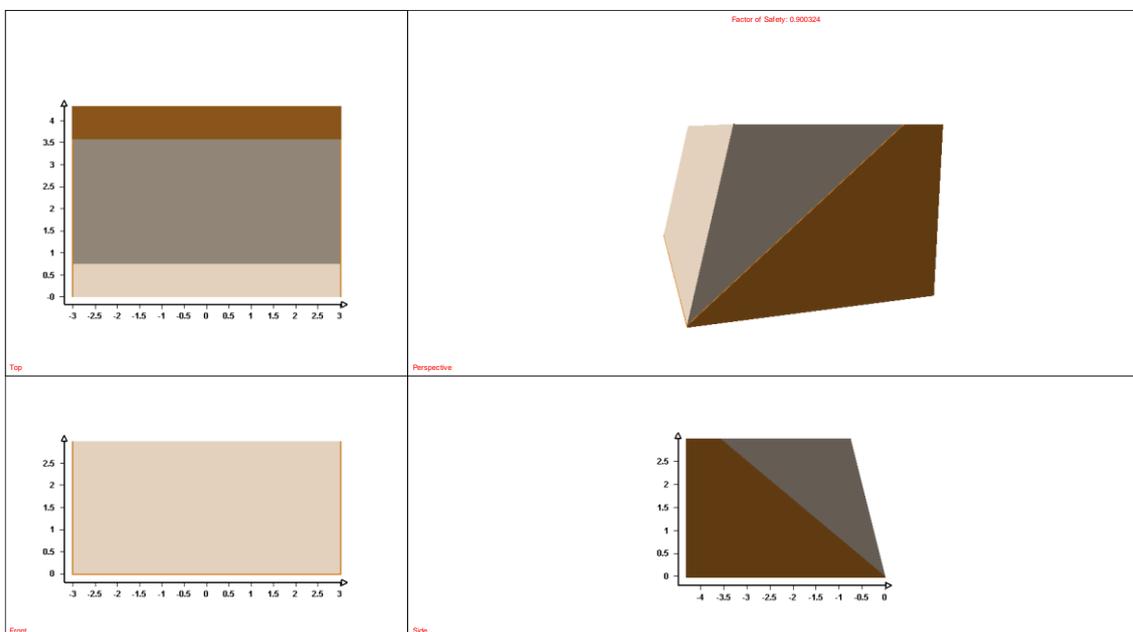
Dip Direction of Joint 2: 248.000 deg

1.1.1.3. TRAMO 3

1.1.1.3.1. TALUD DERECHO

1.1.1.3.1.1. ROTURA PLANA

Rotura por junta:



Deterministic Analysis

Factor of Safety: 0.900324

Normal Force: 8.4467 t/m

Normal Stress: 1.80981 t/m²

Shear Strength: 1.36724 t/m²

Driving Force: 7.08762 t/m

Resisting Force: 6.38116 t/m

Unit Weight: 2.6 t/m³

Slope Angle: 76 deg

Failure Plane Angle: 40 deg

Upper Face Angle: 0 deg

Bench Width: Not Present

Waviness: 0 deg

Failure Plane Length: 4.66717 m

Slope Length: 3.09184 m

Geometry

Slope Height: 3 m

Wedge Weight: 11.0264 t/m

Wedge Volume: 4.24092 m³/m

Wedge Height: 3 m

Strength

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

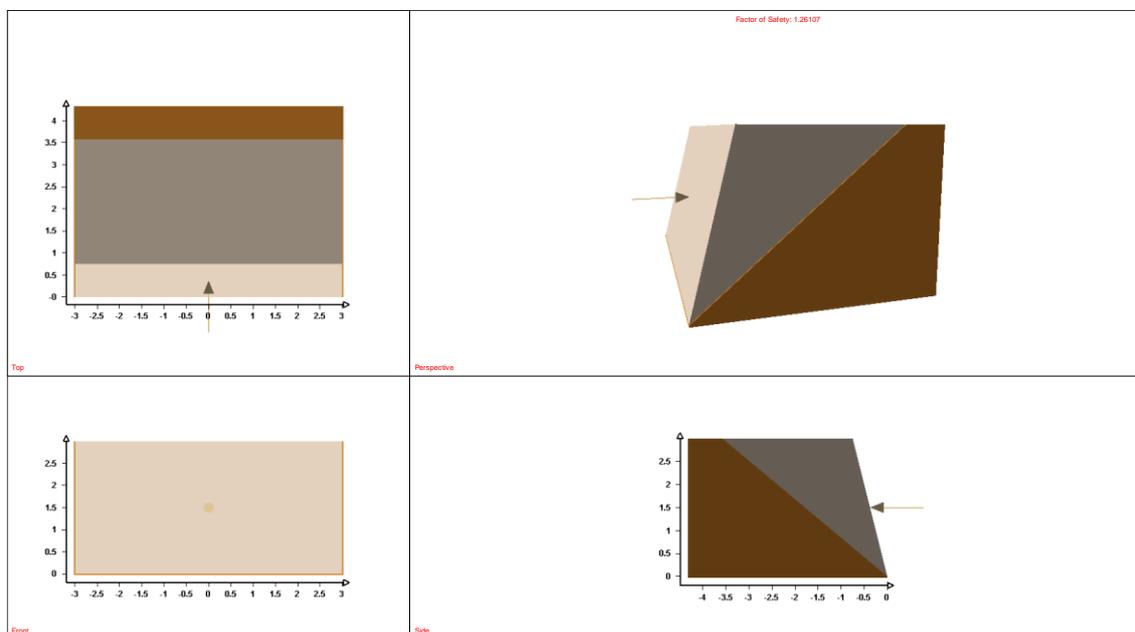
Friction Angle: 35 deg

Cohesion: 0.1 t/m²

Shear Strength: 1.36724 t/m²

Shear Resistance: 6.38116 t/m

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de $0,68 \text{ t/m}^2$:



Deterministic Analysis

Factor of Safety: 1.26107

Normal Force: 9.79813 t/m

Normal Stress: 2.09937 t/m²

Shear Strength: 1.57 t/m²

Driving Force: 7.08762 t/m

Resisting Force: 8.93801 t/m

Geometry

Slope Height: 3 m

Wedge Weight: 11.0264 t/m

Wedge Volume: 4.24092 m³/m

Wedge Height: 3 m

Unit Weight: 2.6 t/m³

Slope Angle: 76 deg

Failure Plane Angle: 40 deg

Upper Face Angle: 0 deg

Bench Width: Not Present

Waviness: 0 deg

Failure Plane Length: 4.66717 m

Slope Length: 3.09184 m

Strength

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Friction Angle: 35 deg

Cohesion: 0.1 t/m²

Shear Strength: 1.57 t/m²
Shear Resistance: 7.32744 t/m

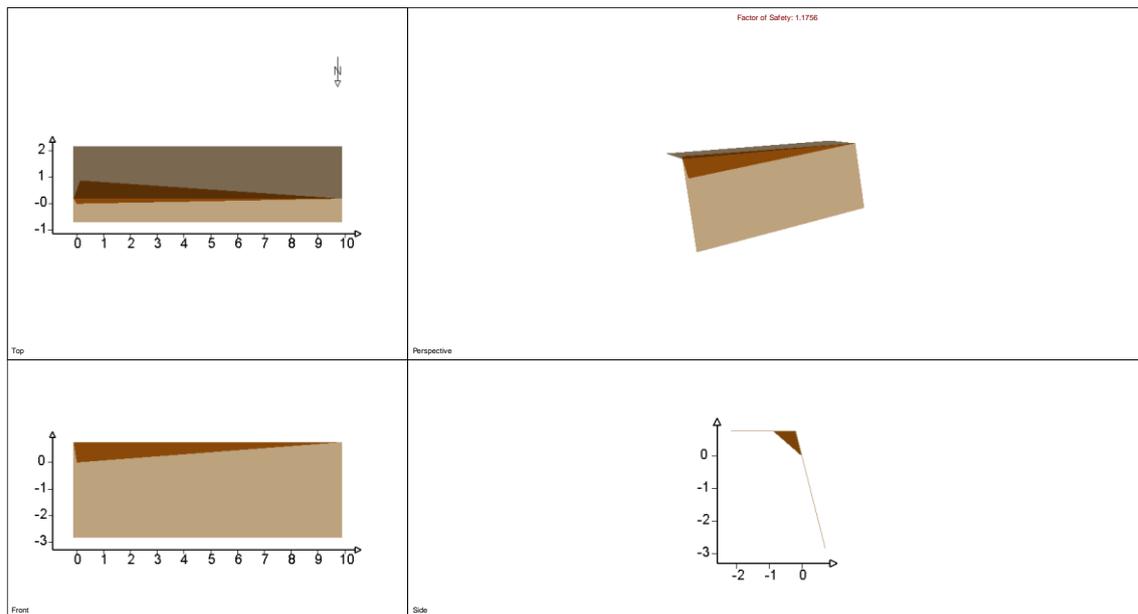
Support Pressure

Slope Face Pressure: 0.68 t/m²
Slope Face Angle: 0 deg

1.1.1.3.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

Rotura por junta, igual que el caso del tramo 2.

1.1.1.3.1.3. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=48
Number of Invalid Wedges=57
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=48

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.1756
Volume: 0.869 m³
Weight: 2.346 t
Area (joint1): 5.696 m²
Area (joint2): 0.285 m²
Area (slope face): 3.939 m²
Area (upper face): 3.410 m²
Normal Force (joint1): 1.770 t
Normal Force (joint2): 0.000 t
Normal Stress (joint1): 0.311 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.000 t/m²

Shear Strength (joint1): 0.318 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.000 t/m²
Driving Force: 1.539 t
Resisting Force: 1.809 t
Mode: Sliding on Joint1

Sliding Direction

Plunge: 41.000 deg
Trend: 4.000 deg

Line of Intersection

Plunge: 40.914 deg
Trend: 8.458 deg
Length: 1.167 m

Slope Input Data

Height: 3.600 m
Length: 10.000 m

Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 0.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 41.000 deg
Dip Direction: 4.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m2
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 77.000 deg
Dip Direction: 290.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m2
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 9.913 m
Joint2: 0.797 m

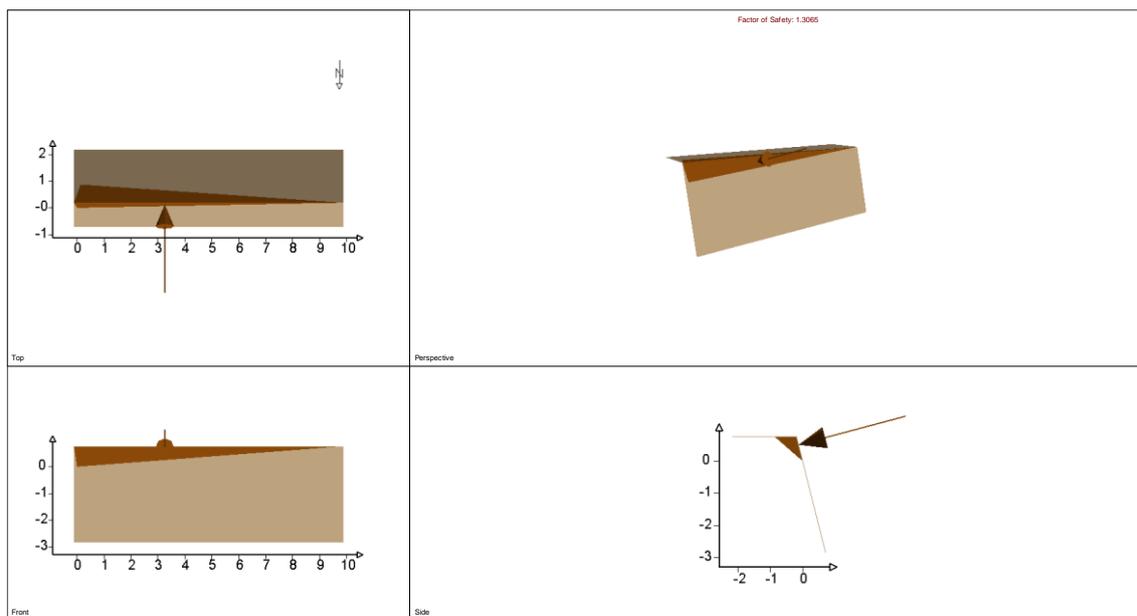
Persistence

Joint1: 9.913 m
Joint2: 1.167 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 41.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 4.000 deg
Dip of Joint 2: 77.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 290.000 deg

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,045 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=48
Number of Invalid Wedges=57
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=48

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.3065
Volume: 0.869 m3
Weight: 2.346 t
Area (joint1): 5.696 m2
Area (joint2): 0.285 m2
Area (slope face): 3.939 m2
Area (upper face): 3.410 m2
Normal Force (joint1): 1.917 t

Normal Force (joint2): 0.000 t
Normal Stress (joint1): 0.337 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.000 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.336 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.000 t/m²
Driving Force: 1.539 t
Resisting Force: 2.011 t
Mode: Sliding on Joint1

Sliding Direction

Plunge: 41.000 deg
Trend: 4.000 deg

Line of Intersection

Plunge: 40.914 deg
Trend: 8.458 deg
Length: 1.167 m

Slope Input Data

Height: 3.600 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 0.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 41.000 deg

Dip Direction: 4.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 77.000 deg
Dip Direction: 290.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 9.913 m
Joint2: 0.797 m

Persistence

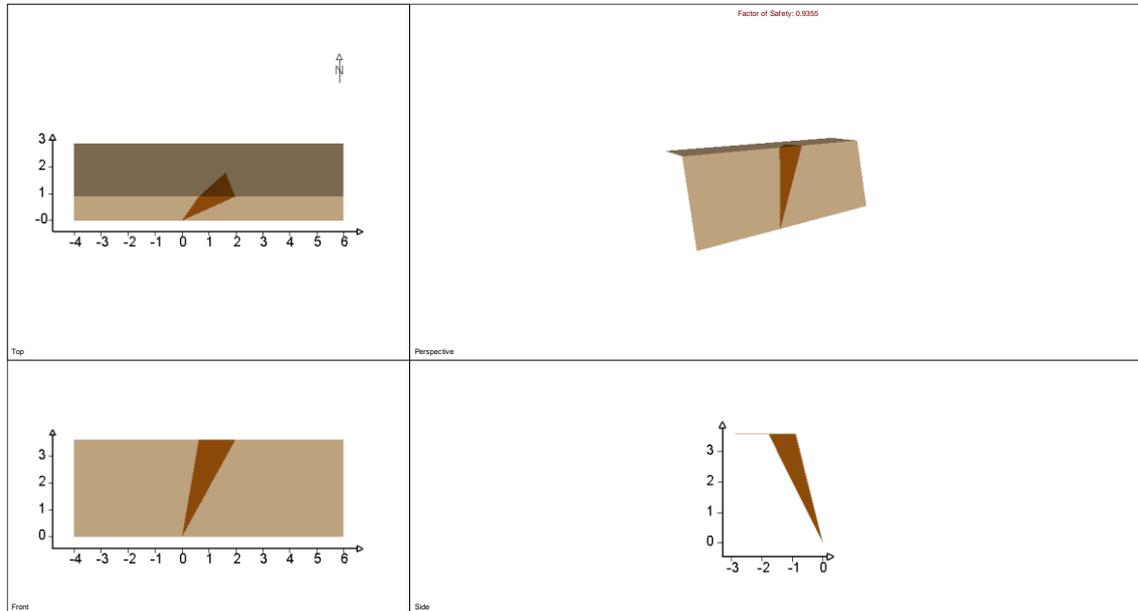
Joint1: 9.913 m
Joint2: 1.167 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 41.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 4.000 deg
Dip of Joint 2: 77.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 290.000 deg

1.1.1.3.2. TALUD IZQUIERDO

1.1.1.3.2.1. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105

Number of Valid Wedges=24

Number of Invalid Wedges=81

Number of Failed Wedges=1

Number of Stable Wedges=23

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 0.9355

Volume: 0.722 m³

Weight: 1.948 t

Area (joint1): 2.403 m²

Area (joint2): 2.018 m²

Area (slope face): 2.504 m²

Area (upper face): 0.601 m²

Normal Force (joint1): 0.421 t

Normal Force (joint2): 1.111 t

Normal Stress (joint1): 0.175 t/m²

Normal Stress (joint2): 0.551 t/m²

Shear Strength (joint1): 0.223 t/m²

Shear Strength (joint2): 0.486 t/m²

Driving Force: 1.620 t

Resisting Force: 1.515 t

Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 56.236 deg

Trend: 221.996 deg

Line of Intersection

Plunge: 56.236 deg

Trend: 221.996 deg

Length: 4.330 m

Slope Input Data

Height: 3.600 m

Length: 10.000 m

Dip: 76.000 deg

Dip Direction: 180.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 86.000 deg

Dip Direction: 138.000 deg

Waviness: 0.000 deg

c: 0.100 t/m²

Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 59.000 deg

Dip Direction: 248.000 deg

Waviness: 0.000 deg

c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint1: 4.330 m
Joint2: 4.330 m

Trace Length

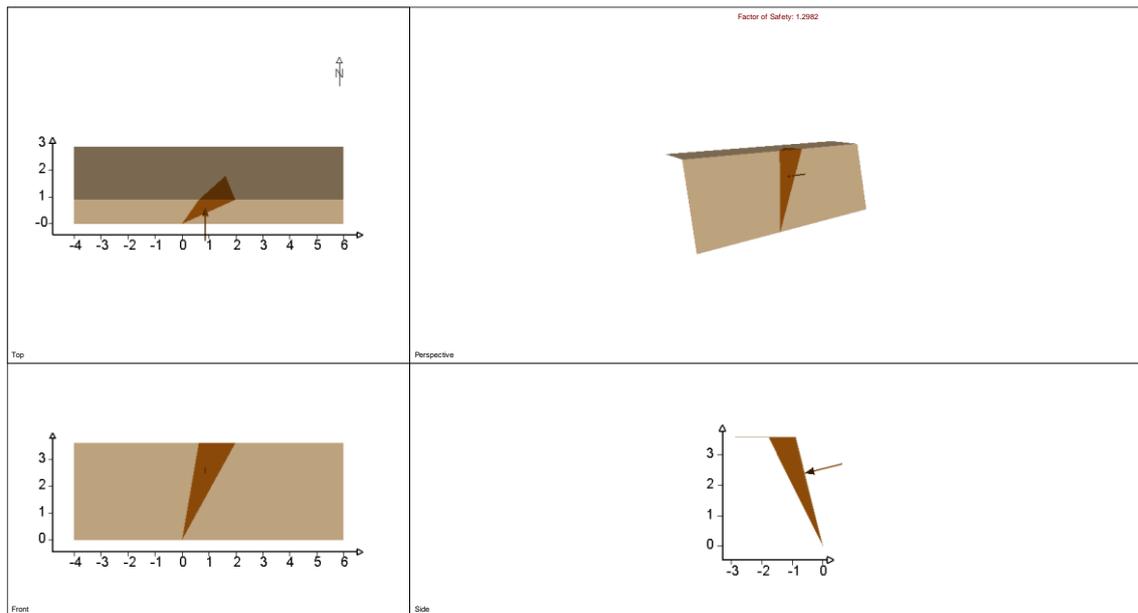
Joint1: 3.762 m
Joint2: 4.201 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 86.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 138.000 deg
Dip of Joint 2: 59.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 248.000 deg

Persistence

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,18 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=24
Number of Invalid Wedges=81
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=24

Shear Strength (joint1): 0.342 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.590 t/m²
Driving Force: 1.620 t
Resisting Force: 2.103 t
Mode: Sliding on Joints 1&2

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.2982
Volume: 0.722 m³
Weight: 1.948 t
Area (joint1): 2.403 m²
Area (joint2): 2.018 m²
Area (slope face): 2.504 m²
Area (upper face): 0.601 m²
Normal Force (joint1): 0.830 t
Normal Force (joint2): 1.413 t
Normal Stress (joint1): 0.345 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.700 t/m²

Sliding Direction

Plunge: 56.236 deg
Trend: 221.996 deg

Line of Intersection

Plunge: 56.236 deg
Trend: 221.996 deg
Length: 4.330 m

Slope Input Data

Height: 3.600 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg

Dip Direction: 180.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 86.000 deg
Dip Direction: 138.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m2
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 59.000 deg
Dip Direction: 248.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m2
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 3.762 m
Joint2: 4.201 m

Persistence

Joint1: 4.330 m
Joint2: 4.330 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 86.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 138.000 deg
Dip of Joint 2: 59.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 248.000 deg

1.1.1.4. TRAMO 4

1.1.1.4.1. 1.1.5.1. TALUD DERECHO

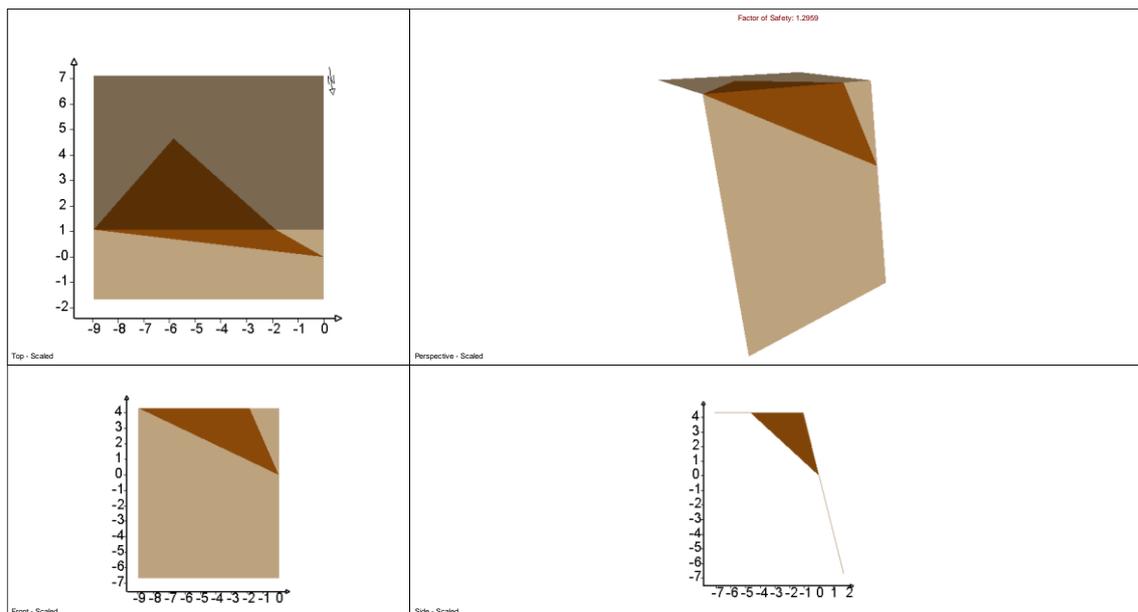
1.1.1.4.1.1. ROTURA PLANA

Rotura por junta, igual que el caso del tramo 2.

1.1.1.4.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

Rotura por junta, igual que el caso del tramo 2.

1.1.1.4.1.3. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=46
Number of Invalid Wedges=59
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=46

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.2959
Volume: 18.231 m³
Weight: 49.225 t
Area (joint1): 11.595 m²
Area (joint2): 20.449 m²
Area (slope face): 15.745 m²
Area (upper face): 12.688 m²
Normal Force (joint1): 0.000 t
Normal Force (joint2): 42.630 t
Normal Stress (joint1): 0.000 t/m²
Normal Stress (joint2): 2.085 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.000 t/m²
Shear Strength (joint2): 1.560 t/m²
Driving Force: 24.612 t
Resisting Force: 31.895 t
Mode: Sliding on Joint2

Sliding Direction

Plunge: 30.000 deg
Trend: 318.000 deg

Line of Intersection

Plunge: 29.977 deg
Trend: 315.524 deg
Length: 8.628 m

Slope Input Data

Height: 11.000 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 7.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 84.000 deg
Dip Direction: 229.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 30.000 deg
Dip Direction: 318.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 5.350 m
Joint2: 10.000 m

Persistence

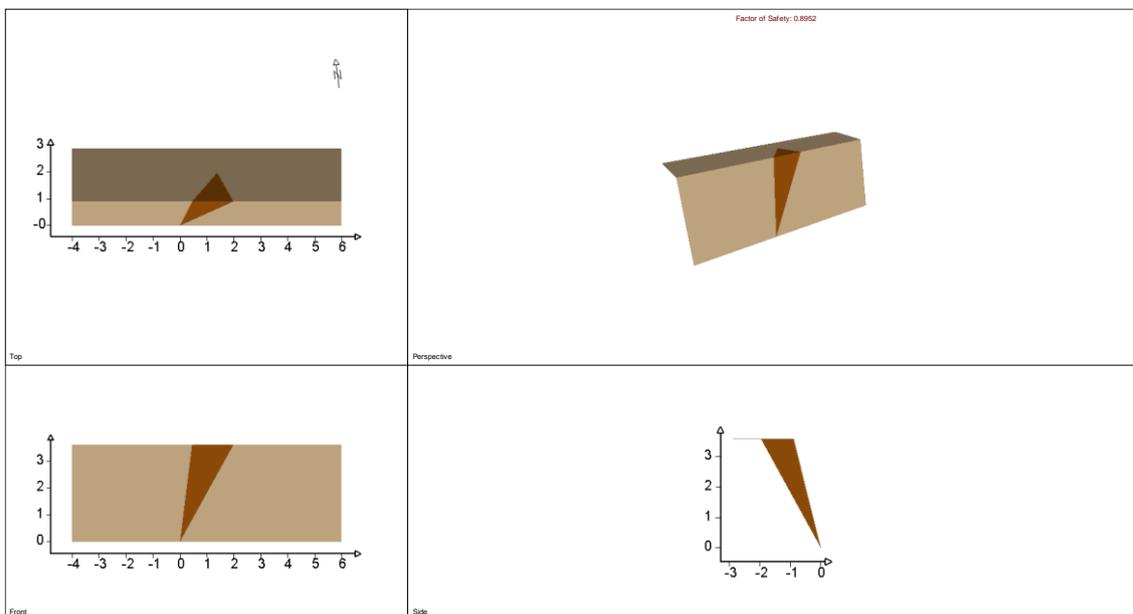
Joint1: 8.628 m
Joint2: 10.000 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 84.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 229.000 deg
Dip of Joint 2: 30.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 318.000 deg

1.1.1.4.2. TALUD IZQUIERDO

1.1.1.4.2.1. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=22
Number of Invalid Wedges=83
Number of Failed Wedges=1
Number of Stable Wedges=21

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 0.8952

Volume: 0.985 m³
Weight: 2.660 t
Area (joint1): 2.568 m²
Area (joint2): 2.579 m²
Area (slope face): 2.836 m²
Area (upper face): 0.821 m²
Normal Force (joint1): 0.575 t
Normal Force (joint2): 1.518 t
Normal Stress (joint1): 0.224 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.589 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.257 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.512 t/m²
Driving Force: 2.212 t
Resisting Force: 1.980 t
Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 56.236 deg
Trend: 221.996 deg

Line of Intersection

Plunge: 56.236 deg
Trend: 221.996 deg
Length: 4.330 m

Slope Input Data

Height: 3.600 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 187.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 86.000 deg
Dip Direction: 138.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 59.000 deg
Dip Direction: 248.000 deg
Waviness: 0.000 deg

c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 3.737 m
Joint2: 4.203 m

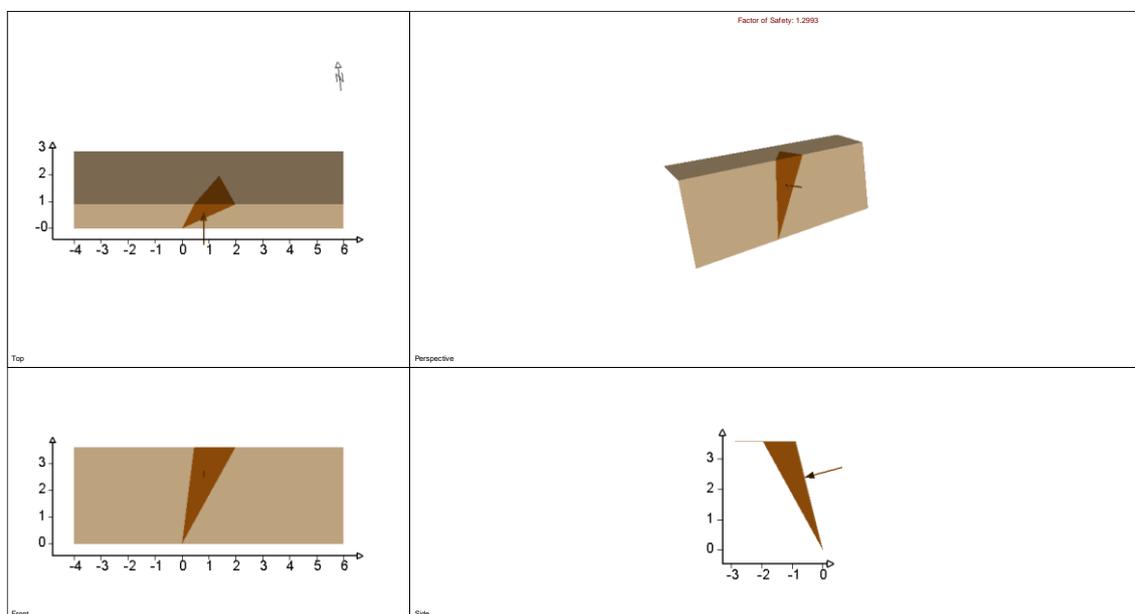
Persistence

Joint1: 4.330 m
Joint2: 4.330 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 86.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 138.000 deg
Dip of Joint 2: 59.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 248.000 deg

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,235 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=22
Number of Invalid Wedges=83
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=22

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.2993
Volume: 0.985 m³
Weight: 2.660 t
Area (joint1): 2.568 m²
Area (joint2): 2.579 m²
Area (slope face): 2.836 m²
Area (upper face): 0.821 m²

Normal Force (joint1): 1.137 t
Normal Force (joint2): 2.018 t
Normal Stress (joint1): 0.443 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.783 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.410 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.648 t/m²
Driving Force: 2.212 t
Resisting Force: 2.873 t
Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 56.236 deg
Trend: 221.996 deg

Line of Intersection

Plunge: 56.236 deg

Trend: 221.996 deg

Length: 4.330 m

Slope Input Data

Height: 3.600 m

Length: 10.000 m

Dip: 76.000 deg

Dip Direction: 187.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 86.000 deg

Dip Direction: 138.000 deg

Waviness: 0.000 deg

c: 0.100 t/m²

Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 59.000 deg

Dip Direction: 248.000 deg

Waviness: 0.000 deg

c: 0.100 t/m²

Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 3.737 m

Joint2: 4.203 m

Persistence

Joint1: 4.330 m

Joint2: 4.330 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 86.000 deg

Dip Direction of Joint 1: 138.000 deg

Dip of Joint 2: 59.000 deg

Dip Direction of Joint 2: 248.000 deg

1.1.1.5. TRAMO 5

1.1.1.5.1. TALUD DERECHO

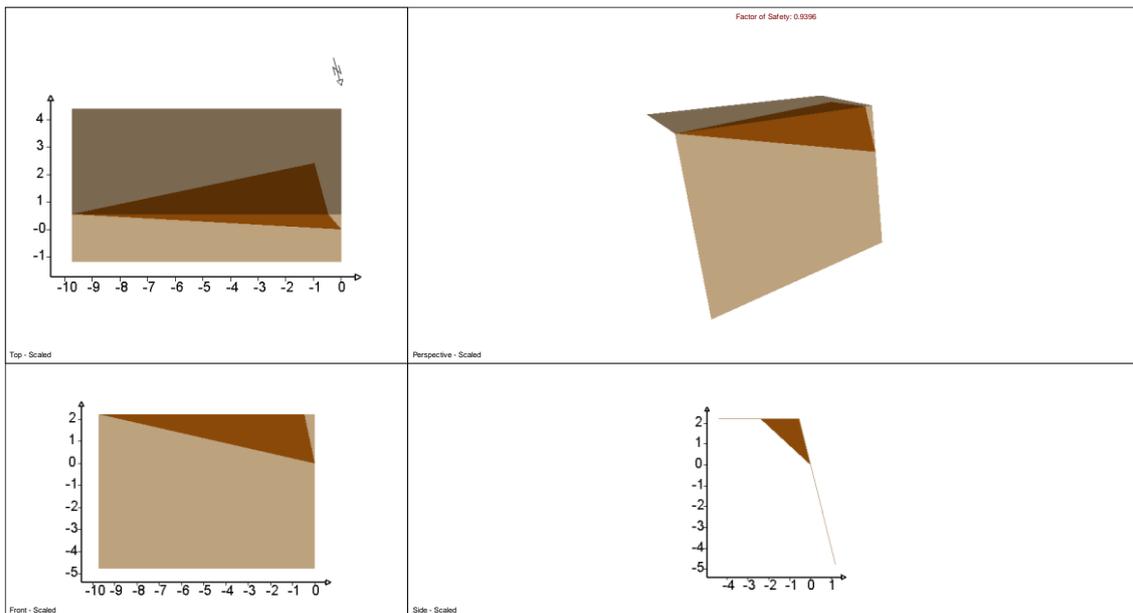
1.1.1.5.1.1. ROTURA PLANA

Rotura por junta, igual que el caso del tramo 2.

1.1.1.5.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

Rotura por junta, igual que el caso del tramo 2.

1.1.1.5.1.3. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=43
Number of Invalid Wedges=62
Number of Failed Wedges=3
Number of Stable Wedges=40

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 0.9396
Volume: 6.412 m³
Weight: 17.313 t
Area (joint1): 15.233 m²
Area (joint2): 2.172 m²
Area (slope face): 10.649 m²
Area (upper face): 8.618 m²
Normal Force (joint1): 13.066 t
Normal Force (joint2): 0.000 t
Normal Stress (joint1): 0.858 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.000 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.701 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.000 t/m²
Driving Force: 11.358 t
Resisting Force: 10.672 t
Mode: Sliding on Joint1

Sliding Direction

Plunge: 41.000 deg
Trend: 4.000 deg

Line of Intersection

Plunge: 40.574 deg
Trend: 354.088 deg
Length: 3.432 m

Slope Input Data

Height: 7.000 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 16.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 41.000 deg
Dip Direction: 4.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 82.000 deg
Dip Direction: 271.000 deg
Waviness: 0.000 deg

c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint1: 10.000 m
Joint2: 3.432 m

Trace Length

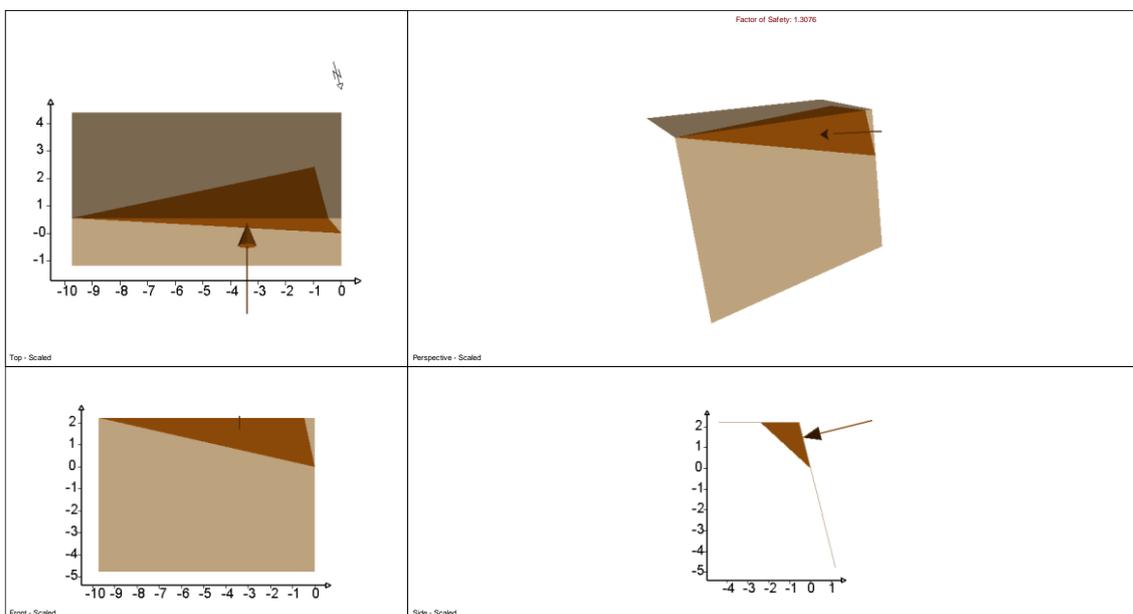
Joint1: 10.000 m
Joint2: 2.349 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 41.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 4.000 deg
Dip of Joint 2: 82.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 271.000 deg

Persistence

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,35 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=43
Number of Invalid Wedges=62
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=43

Normal Stress (joint1): 1.055 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.000 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.839 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.000 t/m²
Driving Force: 11.358 t
Resisting Force: 14.852 t
Mode: Sliding on Joint1

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.3076

Volume: 6.412 m³
Weight: 17.313 t
Area (joint1): 15.233 m²
Area (joint2): 2.172 m²
Area (slope face): 10.649 m²
Area (upper face): 8.618 m²
Normal Force (joint1): 16.067 t
Normal Force (joint2): 0.000 t

Sliding Direction

Plunge: 41.000 deg
Trend: 4.000 deg

Line of Intersection

Plunge: 40.574 deg
Trend: 354.088 deg
Length: 3.432 m

Slope Input Data

Height: 7.000 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 16.000 deg

c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 41.000 deg
Dip Direction: 4.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 10.000 m
Joint2: 2.349 m

Persistence

Joint1: 10.000 m
Joint2: 3.432 m

Joint2 Input Data

Dip: 82.000 deg
Dip Direction: 271.000 deg
Waviness: 0.000 deg

Combination Info

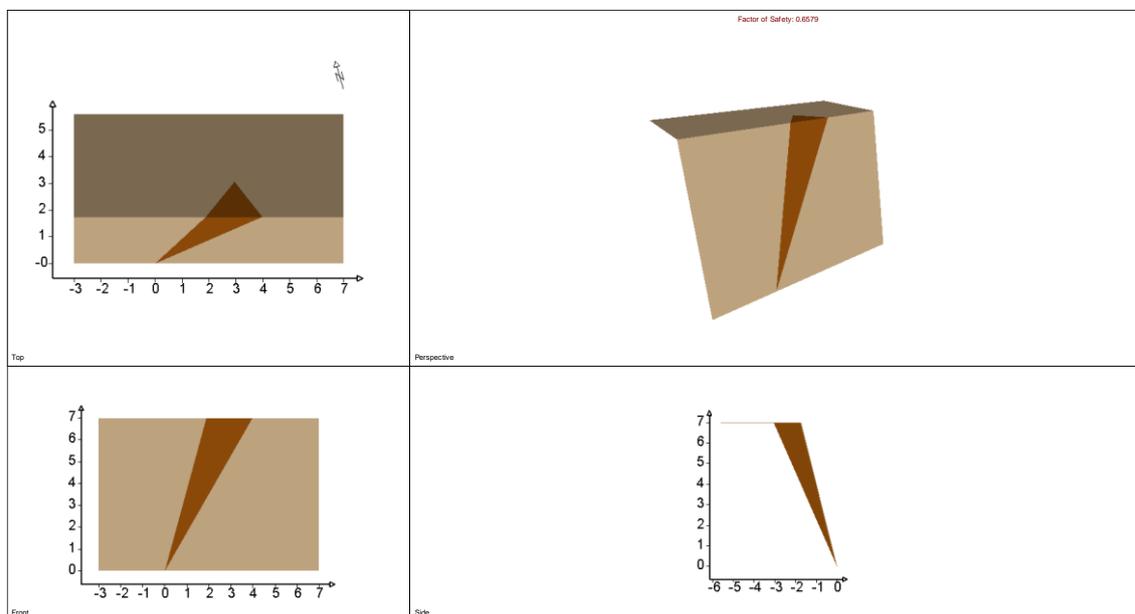
Dip of Joint 1: 41.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 4.000 deg
Dip of Joint 2: 82.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 271.000 deg

1.1.1.5.2. TALUD IZQUIERDO

1.1.1.5.2.1. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

Rotura por junta, igual que el caso del tramo 2.

1.1.1.5.2.2. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=21
Number of Invalid Wedges=84

Number of Failed Wedges=2
Number of Stable Wedges=19

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 0.6579

Volume: 3.199 m³

Weight: 8.636 t

Area (joint1): 6.802 m²

Area (joint2): 5.920 m²

Area (slope face): 7.534 m²

Area (upper face): 1.371 m²

Normal Force (joint1): 4.569 t

Normal Force (joint2): 0.551 t

Normal Stress (joint1): 0.672 t/m²

Normal Stress (joint2): 0.093 t/m²

Shear Strength (joint1): 0.570 t/m²

Shear Strength (joint2): 0.165 t/m²

Driving Force: 7.383 t

Resisting Force: 4.857 t

Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 58.749 deg

Trend: 239.954 deg

Line of Intersection

Plunge: 58.749 deg

Trend: 239.954 deg

Length: 8.188 m

Slope Input Data

Height: 7.000 m

Length: 10.000 m

Dip: 76.000 deg

Dip Direction: 196.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 59.000 deg

Dip Direction: 248.000 deg

Waviness: 0.000 deg

c: 0.100 t/m²

Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 87.000 deg

Dip Direction: 325.000 deg

Waviness: 0.000 deg

c: 0.100 t/m²

Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 8.236 m

Joint2: 7.457 m

Persistence

Joint1: 8.236 m

Joint2: 8.188 m

Combination Info

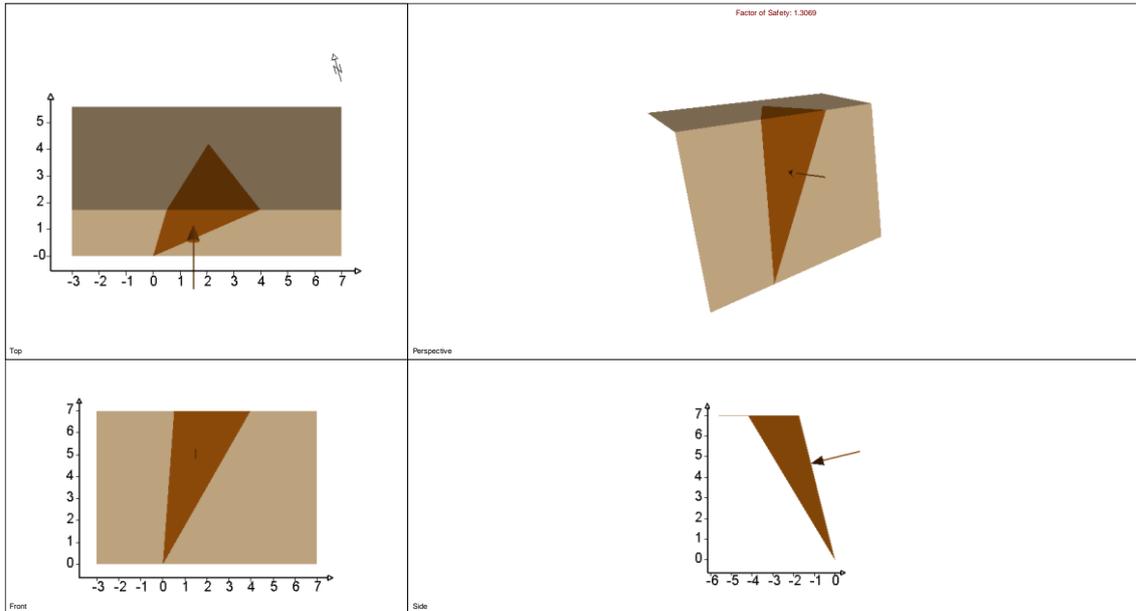
Dip of Joint 1: 59.000 deg

Dip Direction of Joint 1: 248.000 deg

Dip of Joint 2: 87.000 deg

Dip Direction of Joint 2: 325.000 deg

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,7 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=21
Number of Invalid Wedges=84
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=21

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.3069

Volume: 9.936 m³
Weight: 26.827 t
Area (joint1): 10.182 m²
Area (joint2): 12.752 m²
Area (slope face): 12.483 m²
Area (upper face): 4.258 m²
Normal Force (joint1): 12.280 t
Normal Force (joint2): 22.530 t
Normal Stress (joint1): 1.206 t/m²
Normal Stress (joint2): 1.767 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.945 t/m²
Shear Strength (joint2): 1.337 t/m²
Driving Force: 22.302 t
Resisting Force: 29.146 t
Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 56.236 deg
Trend: 221.996 deg

Line of Intersection

Plunge: 56.236 deg
Trend: 221.996 deg
Length: 8.420 m

Slope Input Data

Height: 7.000 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 196.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 86.000 deg
Dip Direction: 138.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 59.000 deg
Dip Direction: 248.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 7.233 m
Joint2: 8.236 m

Persistence

Joint1: 8.420 m

Joint2: 8.420 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 86.000 deg

Dip Direction of Joint 1: 138.000 deg

Dip of Joint 2: 59.000 deg

Dip Direction of Joint 2: 248.000 deg

1.1.1.6. TRAMO 6

1.1.1.6.1. TALUD DERECHO

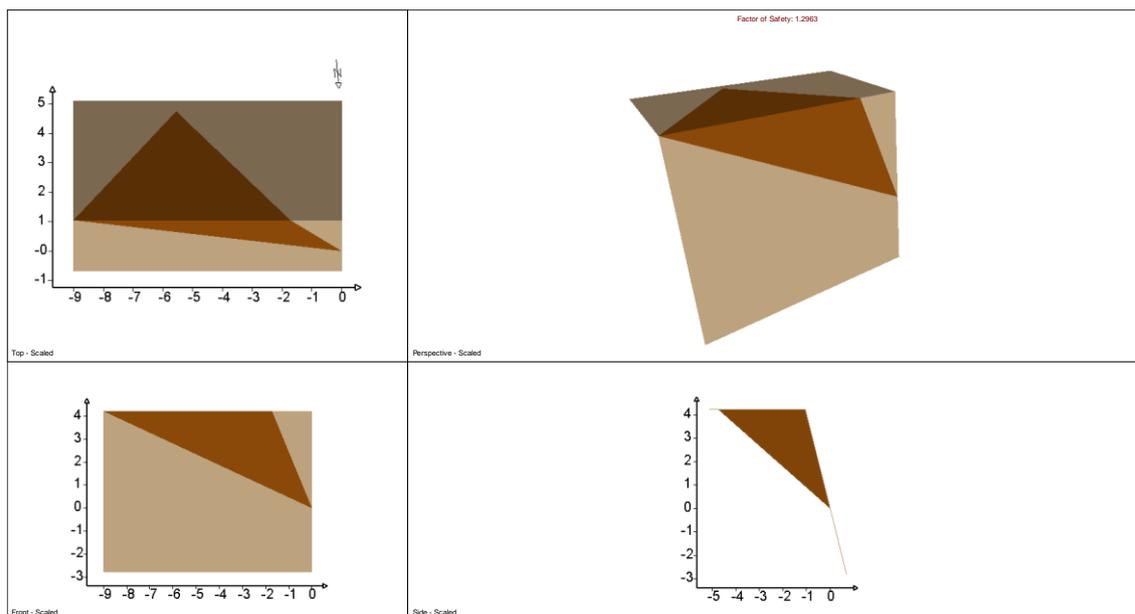
1.1.1.6.1.1. ROTURA PLANA

Rotura por junta, igual que el caso del tramo 2.

1.1.1.6.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

Rotura por junta, igual que el caso del tramo 2.

1.1.1.6.1.3. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105

Number of Valid Wedges=47

Number of Invalid Wedges=58

Number of Failed Wedges=0

Number of Stable Wedges=47

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.2963

Volume: 18.924 m³

Weight: 51.094 t

Area (joint1): 11.289 m²

Area (joint2): 21.327 m²

Area (slope face): 15.818 m²

Area (upper face): 13.463 m²

Normal Force (joint1): 0.000 t

Normal Force (joint2): 44.249 t

Normal Stress (joint1): 0.000 t/m²

Normal Stress (joint2): 2.075 t/m²

Shear Strength (joint1): 0.000 t/m²

Shear Strength (joint2): 1.553 t/m²

Driving Force: 25.547 t

Resisting Force: 33.116 t

Mode: Sliding on Joint2

Sliding Direction

Plunge: 30.000 deg
Trend: 318.000 deg

Line of Intersection

Plunge: 29.977 deg
Trend: 315.524 deg
Length: 8.440 m

Slope Input Data

Height: 7.000 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 5.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 84.000 deg
Dip Direction: 229.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 30.000 deg
Dip Direction: 318.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 5.325 m
Joint2: 10.000 m

Persistence

Joint1: 8.440 m
Joint2: 10.000 m

Combination Info

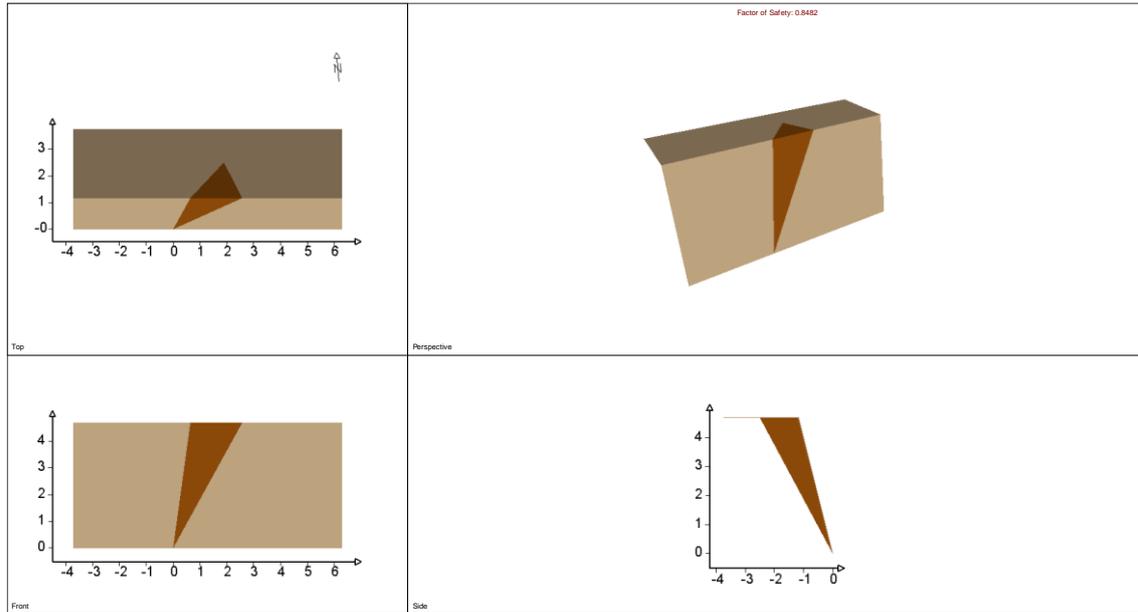
Dip of Joint 1: 84.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 229.000 deg
Dip of Joint 2: 30.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 318.000 deg

1.1.1.6.2. TALUD IZQUIERDO

1.1.1.6.2.1. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

Rotura por junta, igual que el caso del tramo 2.

1.1.1.6.2.2. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=22
Number of Invalid Wedges=83
Number of Failed Wedges=2
Number of Stable Wedges=20

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 0.8482
Volume: 2.021 m³
Weight: 5.458 t
Area (joint1): 4.309 m²
Area (joint2): 4.116 m²
Area (slope face): 4.672 m²
Area (upper face): 1.290 m²
Normal Force (joint1): 1.179 t
Normal Force (joint2): 3.114 t
Normal Stress (joint1): 0.274 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.756 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.292 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.630 t/m²
Driving Force: 4.537 t
Resisting Force: 3.848 t
Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 56.236 deg
Trend: 221.996 deg

Line of Intersection

Plunge: 56.236 deg
Trend: 221.996 deg
Length: 5.654 m

Slope Input Data

Height: 4.700 m
Length: 10.000 m
Dip: 76.000 deg
Dip Direction: 185.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 86.000 deg
Dip Direction: 138.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 59.000 deg
Dip Direction: 248.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m²
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 4.886 m

Joint2: 5.485 m

Persistence

Joint1: 5.654 m

Joint2: 5.654 m

Combination Info

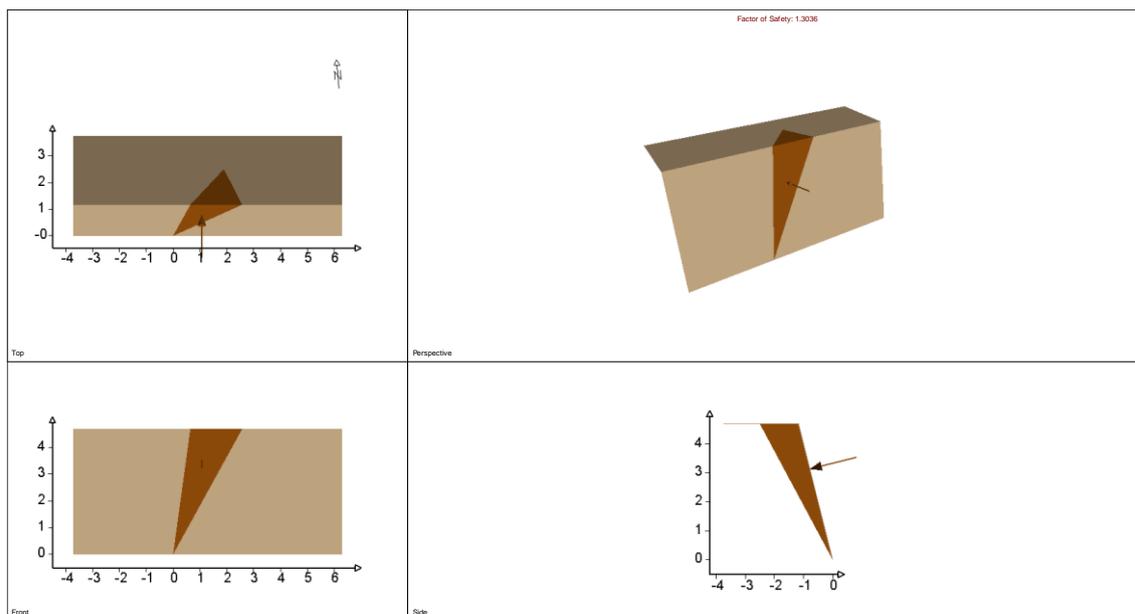
Dip of Joint 1: 86.000 deg

Dip Direction of Joint 1: 138.000 deg

Dip of Joint 2: 59.000 deg

Dip Direction of Joint 2: 248.000 deg

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,33 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105

Number of Valid Wedges=22

Number of Invalid Wedges=83

Number of Failed Wedges=0

Number of Stable Wedges=22

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.3036

Volume: 2.021 m³

Weight: 5.458 t

Area (joint1): 4.309 m²

Area (joint2): 4.116 m²

Area (slope face): 4.672 m²

Area (upper face): 1.290 m²

Normal Force (joint1): 2.509 t

Normal Force (joint2): 4.229 t

Normal Stress (joint1): 0.582 t/m²

Normal Stress (joint2): 1.027 t/m²

Shear Strength (joint1): 0.508 t/m²

Shear Strength (joint2): 0.819 t/m²

Driving Force: 4.537 t

Resisting Force: 5.915 t

Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 56.236 deg

Trend: 221.996 deg

Line of Intersection

Plunge: 56.236 deg

Trend: 221.996 deg

Length: 5.654 m

Slope Input Data

Height: 4.700 m

Length: 10.000 m

Dip: 76.000 deg

Dip Direction: 185.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 86.000 deg
Dip Direction: 138.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m2
Phi: 35.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 59.000 deg
Dip Direction: 248.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.100 t/m2
Phi: 35.000 deg

Trace Length

Joint1: 4.886 m
Joint2: 5.485 m

Persistence

Joint1: 5.654 m
Joint2: 5.654 m

Combination Info

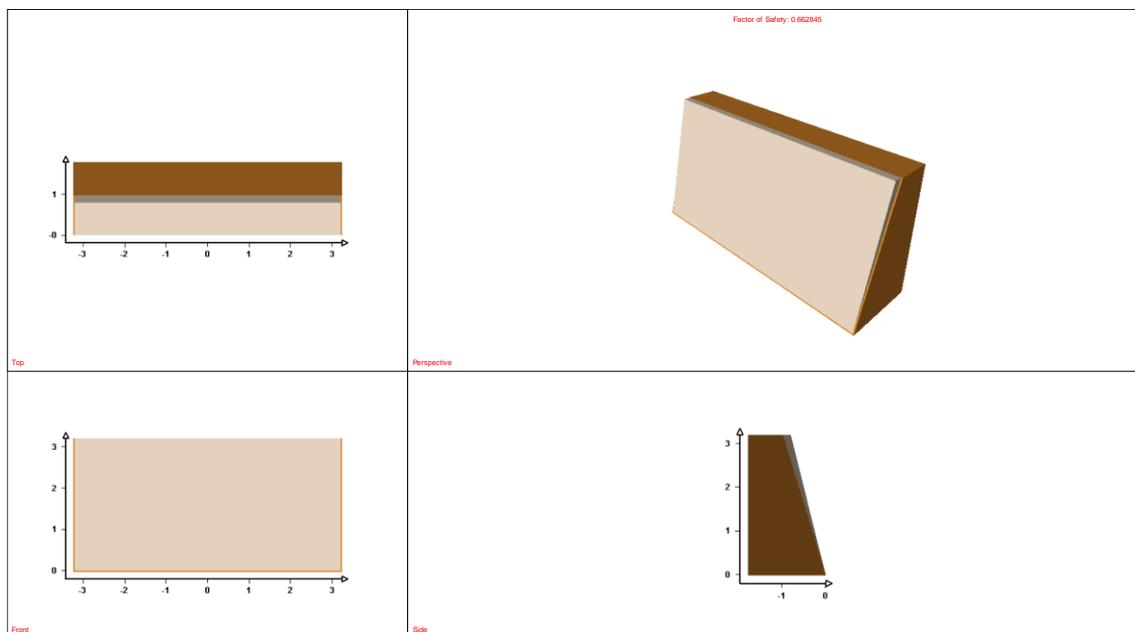
Dip of Joint 1: 86.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 138.000 deg
Dip of Joint 2: 59.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 248.000 deg

1.1.2. ZONA DE LA CENTRAL. TALUDES LONGITUDINALES

1.1.2.1. TALUD LONGITUDINAL

1.1.2.1.1. TALUD NOROESTE

1.1.2.1.1.1. ROTURA PLANA



Deterministic Analysis

Factor of Safety: 0.662845

Normal Force: 0.227965 t/m

Normal Stress: 0.0681264 t/m2

Shear Strength: 0.147703 t/m2

Driving Force: 0.745641 t/m

Resisting Force: 0.494244 t/m

Geometry

Slope Height: 3.2 m

Wedge Weight: 0.779711 t/m

Wedge Volume: 0.288782 m³/m

Wedge Height: 3.2 m

Unit Weight: 2.7 t/m³

Slope Angle: 76 deg

Failure Plane Angle: 73 deg

Upper Face Angle: 0 deg

Bench Width: Not Present

Waviness: 0 deg

Failure Plane Length: 3.34621 m

Slope Length: 3.29796 m

Strength

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

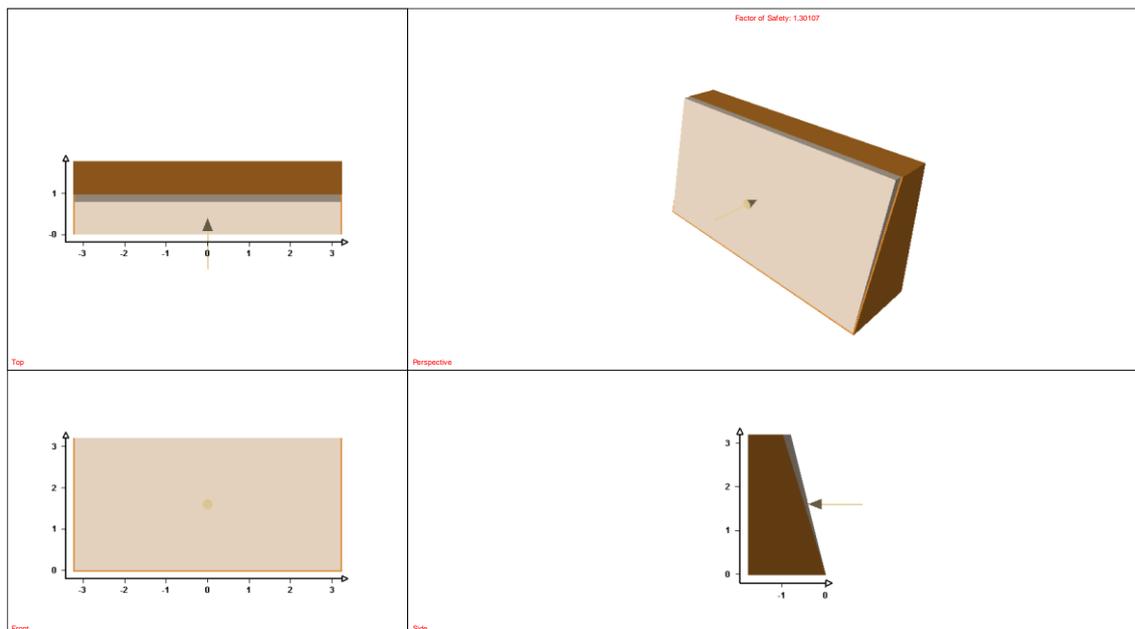
Friction Angle: 35 deg

Cohesion: 0.1 t/m²

Shear Strength: 0.147703 t/m²

Shear Resistance: 0.494244 t/m

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,15 t/m²:



Deterministic Analysis

Factor of Safety: 1.30107

Normal Force: 0.701044 t/m

Normal Stress: 0.209504 t/m²

Shear Strength: 0.246696 t/m²

Driving Force: 0.745641 t/m

Resisting Force: 0.970132 t/m

Geometry

Slope Height: 3.2 m

Wedge Weight: 0.779711 t/m

Wedge Volume: 0.288782 m³/m

Wedge Height: 3.2 m

Unit Weight: 2.7 t/m³

Slope Angle: 76 deg

Failure Plane Angle: 73 deg

Upper Face Angle: 0 deg

Bench Width: Not Present

Waviness: 0 deg

Failure Plane Length: 3.34621 m

Slope Length: 3.29796 m

Strength

Shear Strength Model: Mohr-Coulomb

Friction Angle: 35 deg

Cohesion: 0.1 t/m²

Shear Strength: 0.246696 t/m²

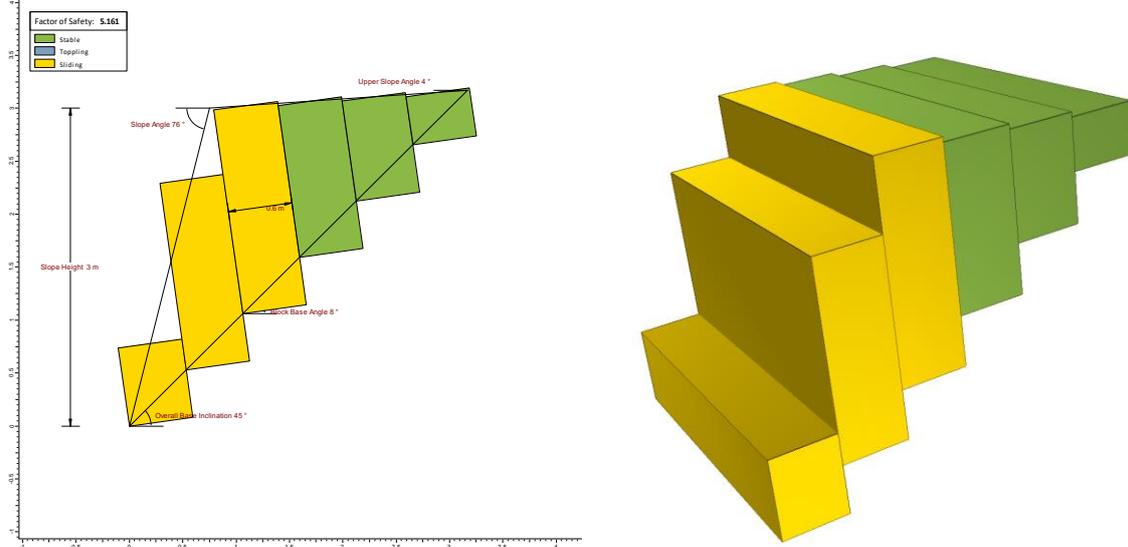
Shear Resistance: 0.825498 t/m

Support Pressure

Slope Face Pressure: 0.15 t/m²

Slope Face Angle: 0 deg

1.1.2.1.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS



RocTopples Analysis Information ROCTOPPLE - Rock Toppling Analysis

Project Summary

File Name Tuberia_T1_TD.rtop

File Version 2.002

Project Title ROCTOPPLE - Rock Toppling Analysis

Date Created 16/12/2022, 10:19:01

General Settings

Units Metric, stress as kPa

Unit Weight of Water (kN/m³) 9.81

Analysis Type Deterministic

Toppling Model Block Toppling

Analysis Results

Factor of Safety

Factor of Safety 5.161

Block Details

Index	Height (m)	Weight (kN)	Yn/x	Type	Base Tension	Pn-1,t (kN)	Pn-1,s (kN)	Pn-1 (kN)	Pn,t (kN)	Pn,s (kN)	Pn (kN)	Qn (kN)	Rn (kN)	Sn (kN)	Sn/Rn	Mode
6	0.456	7.392	0.760	Group	No	-4.298	-0.081	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.320	1.029	0.1405	Stable
5	0.950	15.396	1.584	Group	No	-3.741	-0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	15.246	2.143	0.1405	Stable
4	1.444	23.400	2.407	Group	No	-3.184	-0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	23.172	3.257	0.1405	Stable
3	1.939	31.404	3.231	Group	No	-3.849	0.072	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	30.833	4.299	0.1394	Sliding
2	1.775	28.762	2.959	Group	No	-17.467	0.067	0.067	-3.849	0.072	0.072	0.266	28.683	4.007	0.1397	Sliding
1	0.743	12.029	1.238	Toe	No	-3.961	-0.000	-0.000	17.467	0.067	0.067	0.065	11.977	1.741	0.1454	Sliding

Note: Index 1 is the toe of the slope.

Slope Geometry

Property Value

Slope Angle (°) 76

Slope Height (m) 3

Upper Slope Angle (°) 4

Toppling Joint Spacing (m) 0.6

Toppling Joint Dip (°) 82

Overall Base Inclination (°) 45

Point of Application (Block Above is Sliding) 0.75

Point of Application (Block Above is Shearing) 0.75

Rock Properties

Property Value

Rock Unit Weight (kN/m³) 27

Base Shear Strength Model Mohr-Coulomb

Base Cohesion (kN/m²) 1

Base Friction Angle (°) 35

Base Tensile Strength (kN/m²) 0

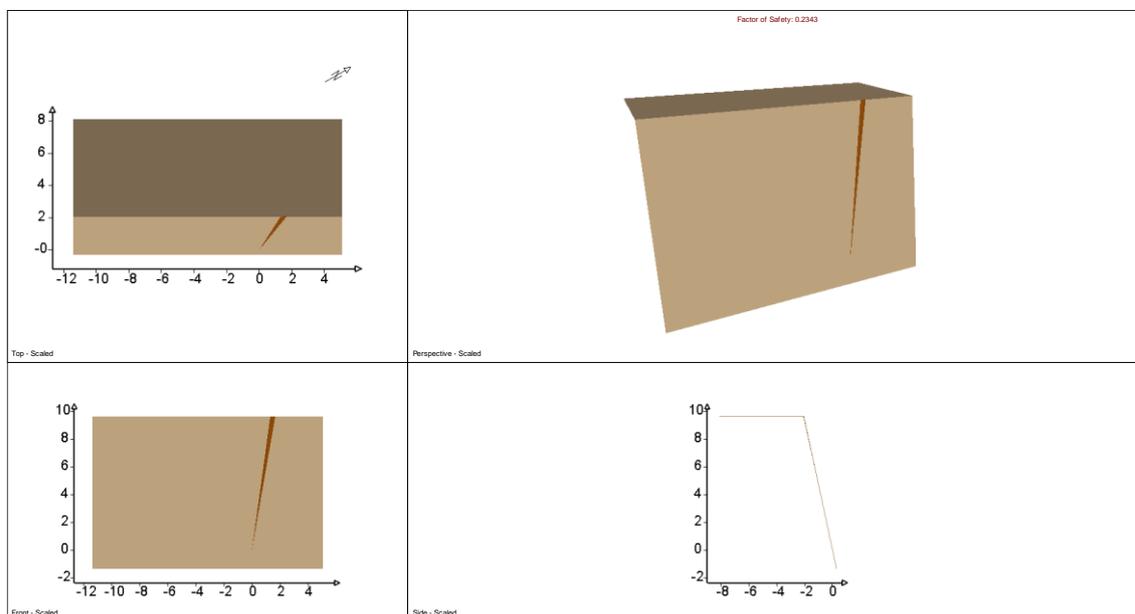
Toppling Joint Shear Strength Model Mohr-Coulomb

Toppling Joint Cohesion (kN/m²) 1

Toppling Joint Friction Angle (°) 35

Toppling Joint Tensile Strength (kN/m²) 0

1.1.2.1.1.3. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105

Number of Valid Wedges=17

Number of Invalid Wedges=88

Number of Failed Wedges=2

Number of Stable Wedges=15

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 0.2343

Volume: 0.024 m³

Weight: 0.063 t

Area (joint1): 1.736 m²

Area (joint2): 0.211 m2
 Area (slope face): 1.733 m2
 Area (upper face): 0.008 m2
 Normal Force (joint1): 0.013 t
 Normal Force (joint2): 0.012 t
 Normal Stress (joint1): 0.007 t/m2
 Normal Stress (joint2): 0.056 t/m2
 Shear Strength (joint1): 0.004 t/m2
 Shear Strength (joint2): 0.032 t/m2
 Driving Force: 0.061 t
 Resisting Force: 0.014 t
 Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 74.503 deg
 Trend: 158.489 deg

Line of Intersection

Plunge: 74.503 deg
 Trend: 158.489 deg
 Length: 10.000 m

Slope Input Data

Height: 11.000 m
 Dip: 78.000 deg
 Dip Direction: 120.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 79.000 deg
 Dip Direction: 113.000 deg
 Waviness: 0.000 deg
 c: 0.000 t/m2
 Phi: 30.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 80.000 deg
 Dip Direction: 209.000 deg
 Waviness: 0.000 deg
 c: 0.000 t/m2
 Phi: 30.000 deg

Trace Length

Joint1: 9.939 m
 Joint2: 9.991 m

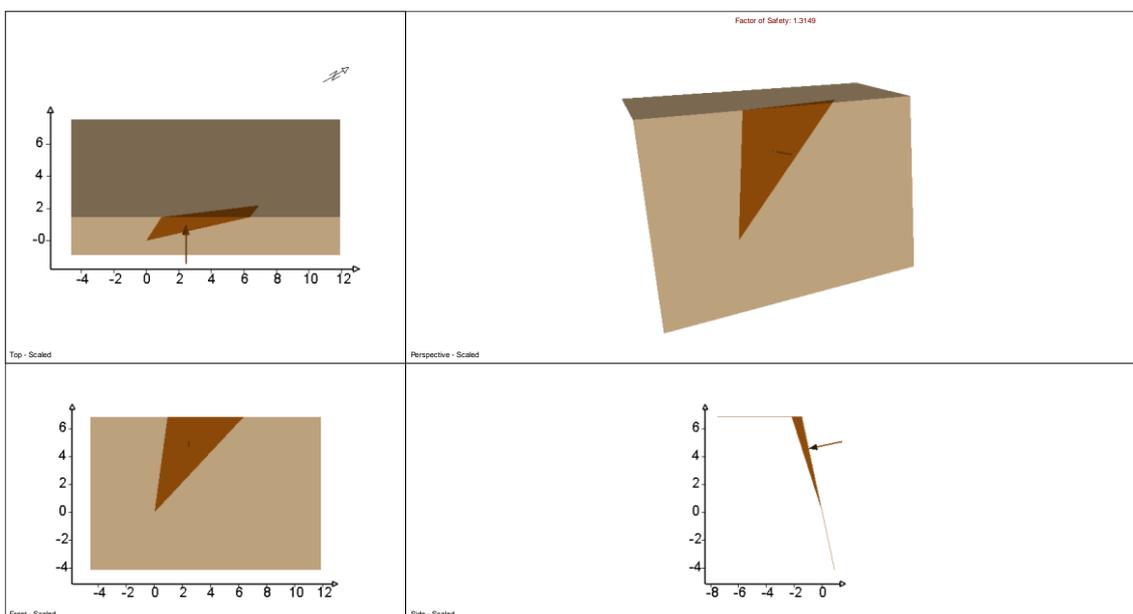
Persistence

Joint1: 10.000 m
 Joint2: 10.000 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 79.000 deg
 Dip Direction of Joint 1: 113.000 deg
 Dip of Joint 2: 80.000 deg
 Dip Direction of Joint 2: 209.000 deg

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,075 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=17
Number of Invalid Wedges=88
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=17

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.3149

Volume: 4.579 m³
Weight: 11.905 t
Area (joint1): 21.138 m²
Area (joint2): 3.744 m²
Area (slope face): 19.035 m²
Area (upper face): 2.004 m²
Normal Force (joint1): 8.555 t
Normal Force (joint2): 9.797 t
Normal Stress (joint1): 0.405 t/m²
Normal Stress (joint2): 2.617 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.234 t/m²
Shear Strength (joint2): 1.511 t/m²
Driving Force: 8.058 t
Resisting Force: 10.595 t
Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 43.276 deg
Trend: 192.454 deg

Line of Intersection

Plunge: 43.276 deg
Trend: 192.454 deg
Length: 10.000 m

Slope Input Data

Height: 11.000 m
Dip: 78.000 deg
Dip Direction: 120.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 79.000 deg
Dip Direction: 113.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m²
Phi: 30.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 59.000 deg
Dip Direction: 248.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m²
Phi: 30.000 deg

Trace Length

Joint1: 7.070 m
Joint2: 9.468 m

Persistence

Joint1: 10.000 m
Joint2: 10.000 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 79.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 113.000 deg
Dip of Joint 2: 59.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 248.000 deg

1.1.2.1.2. TALUD SURESTE

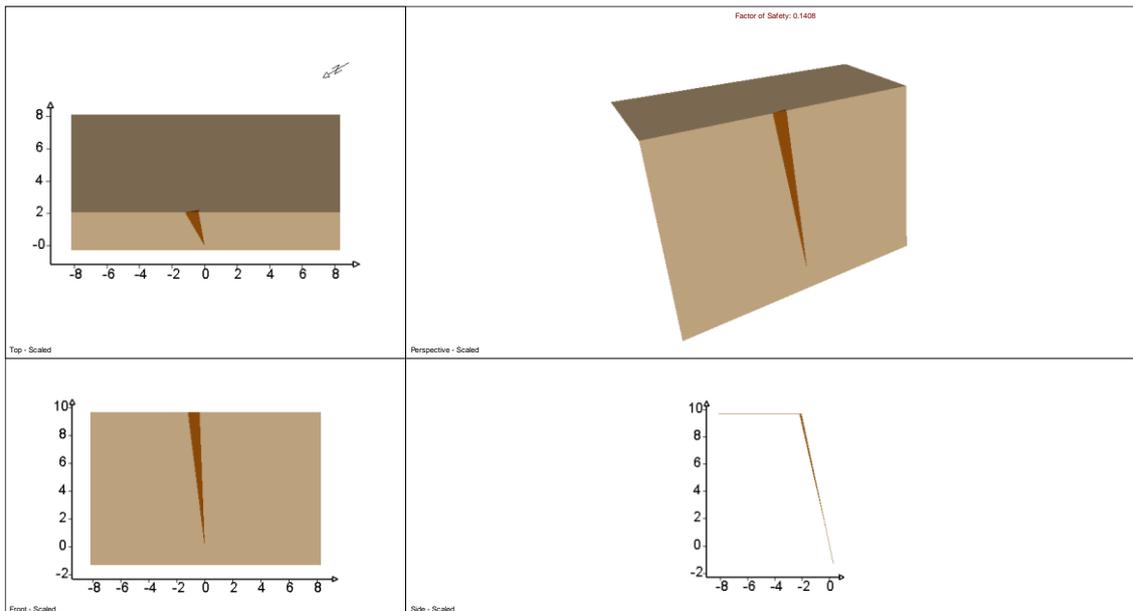
1.1.2.1.2.1. ROTURA PLANA

Rotura por junta, igual que el caso del tramo 2.

1.1.2.1.2.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

Altura del talud 3,4 metros, se asemeja al caso del talud NW.

1.1.2.1.2.3. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=45
Number of Invalid Wedges=60
Number of Failed Wedges=10
Number of Stable Wedges=35

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 0.1408

Volume: 0.212 m³
Weight: 0.552 t
Area (joint1): 0.810 m²
Area (joint2): 4.502 m²
Area (slope face): 4.149 m²
Area (upper face): 0.066 m²
Normal Force (joint1): 0.005 t
Normal Force (joint2): 0.126 t
Normal Stress (joint1): 0.006 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.028 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.003 t/m²

Shear Strength (joint2): 0.016 t/m²
Driving Force: 0.538 t
Resisting Force: 0.076 t
Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 76.993 deg
Trend: 291.935 deg

Line of Intersection

Plunge: 76.993 deg
Trend: 291.935 deg
Length: 9.966 m

Slope Input Data

Height: 11.000 m
Dip: 78.000 deg
Dip Direction: 300.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 84.000 deg
Dip Direction: 229.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m2
Phi: 30.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 77.000 deg
Dip Direction: 290.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m2
Phi: 30.000 deg

Trace Length

Joint1: 9.934 m
Joint2: 10.000 m

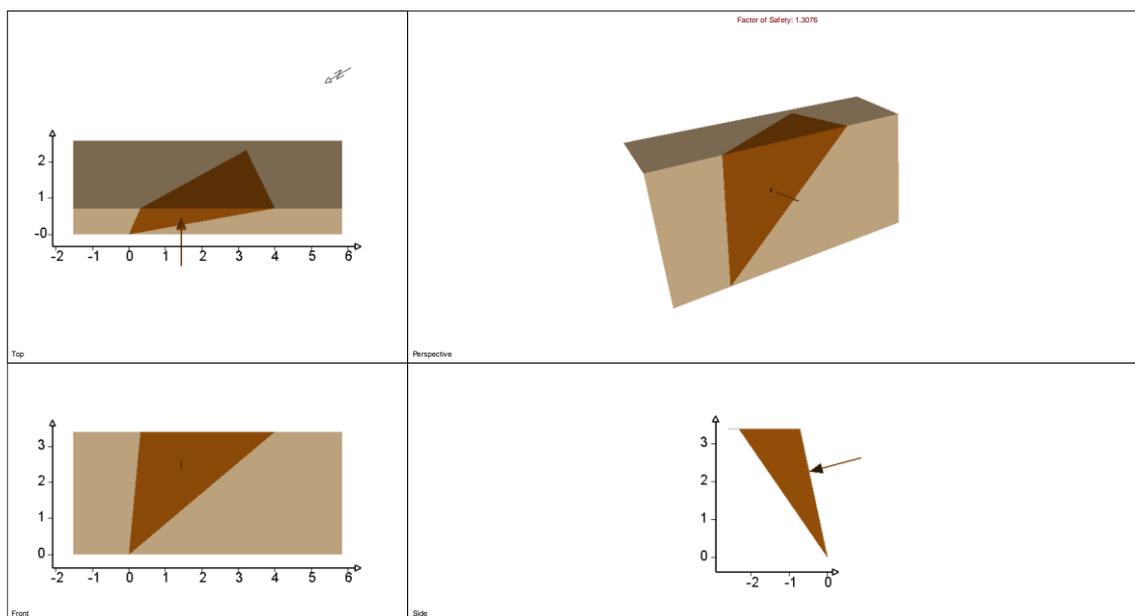
Persistence

Joint1: 9.966 m
Joint2: 10.000 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 84.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 229.000 deg
Dip of Joint 2: 77.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 290.000 deg

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,47 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=45
Number of Invalid Wedges=60
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=45

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.3076

Volume: 3.350 m3
Weight: 8.711 t

Area (joint1): 4.631 m2
Area (joint2): 5.688 m2
Area (slope face): 6.398 m2
Area (upper face): 2.956 m2
Normal Force (joint1): 7.764 t
Normal Force (joint2): 3.285 t
Normal Stress (joint1): 1.677 t/m2
Normal Stress (joint2): 0.578 t/m2
Shear Strength (joint1): 0.968 t/m2
Shear Strength (joint2): 0.333 t/m2
Driving Force: 4.878 t
Resisting Force: 6.379 t

Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 40.574 deg
Trend: 354.088 deg

Line of Intersection

Plunge: 40.574 deg
Trend: 354.088 deg
Length: 5.227 m

Slope Input Data

Height: 3.400 m
Dip: 78.000 deg
Dip Direction: 300.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 41.000 deg
Dip Direction: 4.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m2
Phi: 30.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 82.000 deg
Dip Direction: 271.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m2
Phi: 30.000 deg

Trace Length

Joint1: 5.299 m
Joint2: 3.490 m

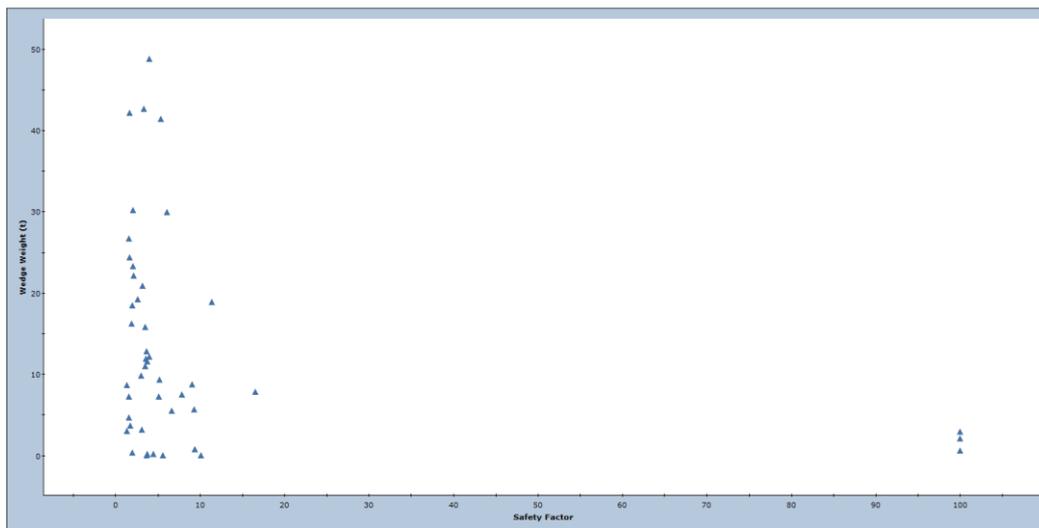
Persistence

Joint1: 5.299 m
Joint2: 5.227 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 41.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 4.000 deg
Dip of Joint 2: 82.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 271.000 deg

Safety Factor vs. Wedge Weight (t)



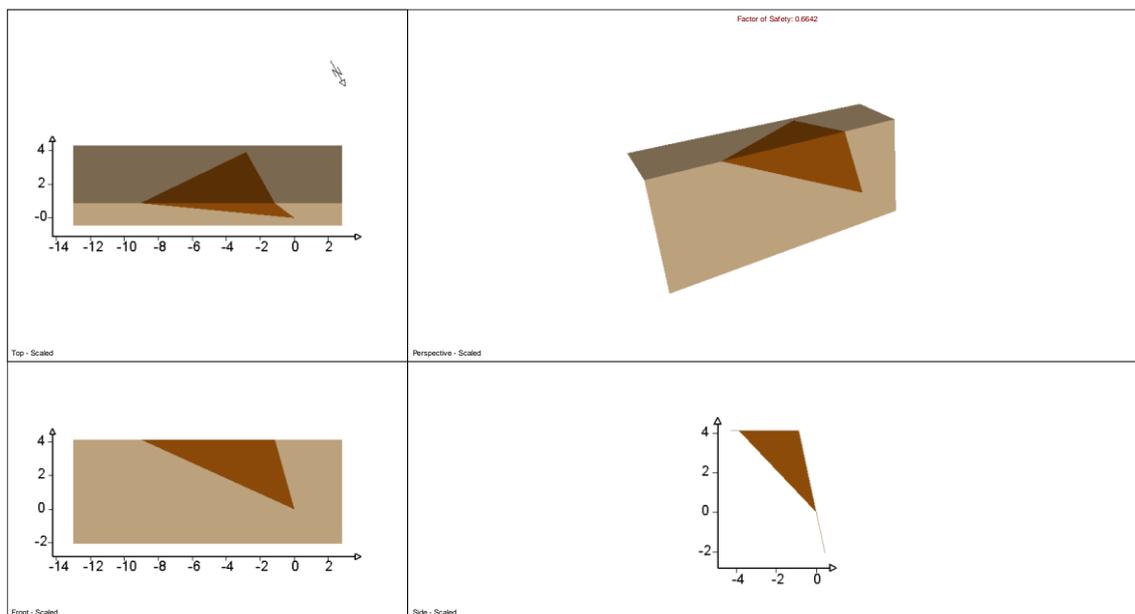
1.1.2.2. TALUD TRANSVERSAL

1.1.2.2.1. TALUD SUROESTE

1.1.2.2.1.1. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

Rotura por junta, igual que el caso del tramo 2.

1.1.2.2.1.2. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=38
Number of Invalid Wedges=67
Number of Failed Wedges=8
Number of Stable Wedges=30

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 0.6642

Volume: 16.563 m³
Weight: 43.064 t
Area (joint1): 21.851 m²
Area (joint2): 7.256 m²
Area (slope face): 16.734 m²
Area (upper face): 12.002 m²
Normal Force (joint1): 32.501 t
Normal Force (joint2): 0.000 t
Normal Stress (joint1): 1.487 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.000 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.859 t/m²

Shear Strength (joint2): 0.000 t/m²

Driving Force: 28.253 t
Resisting Force: 18.764 t
Mode: Sliding on Joint1

Sliding Direction

Plunge: 41.000 deg
Trend: 4.000 deg

Line of Intersection

Plunge: 40.574 deg
Trend: 354.088 deg
Length: 6.365 m

Slope Input Data

Height: 6.200 m
Dip: 78.000 deg
Dip Direction: 30.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 41.000 deg
Dip Direction: 4.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m²
Phi: 30.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 82.000 deg
Dip Direction: 271.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m²
Phi: 30.000 deg

Trace Length

Joint1: 10.000 m
Joint2: 4.387 m

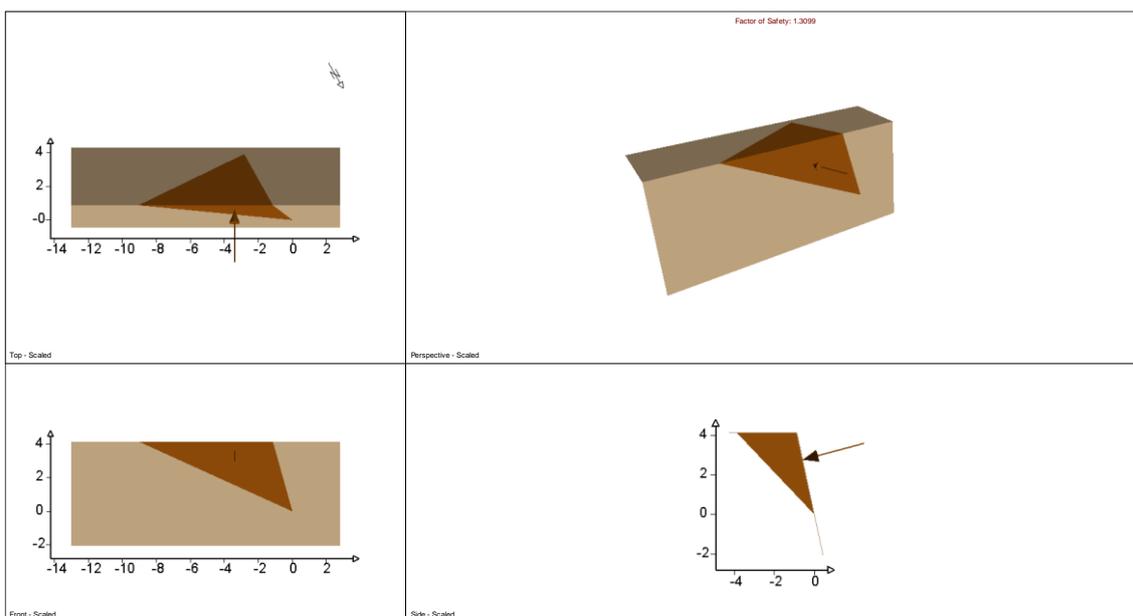
Persistence

Joint1: 10.000 m
Joint2: 6.365 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 41.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 4.000 deg
Dip of Joint 2: 82.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 271.000 deg

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,93 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=38
Number of Invalid Wedges=67
Number of Failed Wedges=0
Number of Stable Wedges=38

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.3099

Volume: 16.563 m³

Weight: 43.064 t

Area (joint1): 21.851 m²
Area (joint2): 7.256 m²
Area (slope face): 16.734 m²
Area (upper face): 12.002 m²
Normal Force (joint1): 44.677 t
Normal Force (joint2): 3.836 t
Normal Stress (joint1): 2.045 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.529 t/m²
Shear Strength (joint1): 1.180 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.305 t/m²
Driving Force: 21.382 t
Resisting Force: 28.009 t

Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 40.574 deg
Trend: 354.088 deg

Line of Intersection

Plunge: 40.574 deg
Trend: 354.088 deg
Length: 6.365 m

Slope Input Data

Height: 6.200 m
Dip: 78.000 deg
Dip Direction: 30.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 41.000 deg
Dip Direction: 4.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m2
Phi: 30.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 82.000 deg
Dip Direction: 271.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m2
Phi: 30.000 deg

Trace Length

Joint1: 10.000 m
Joint2: 4.387 m

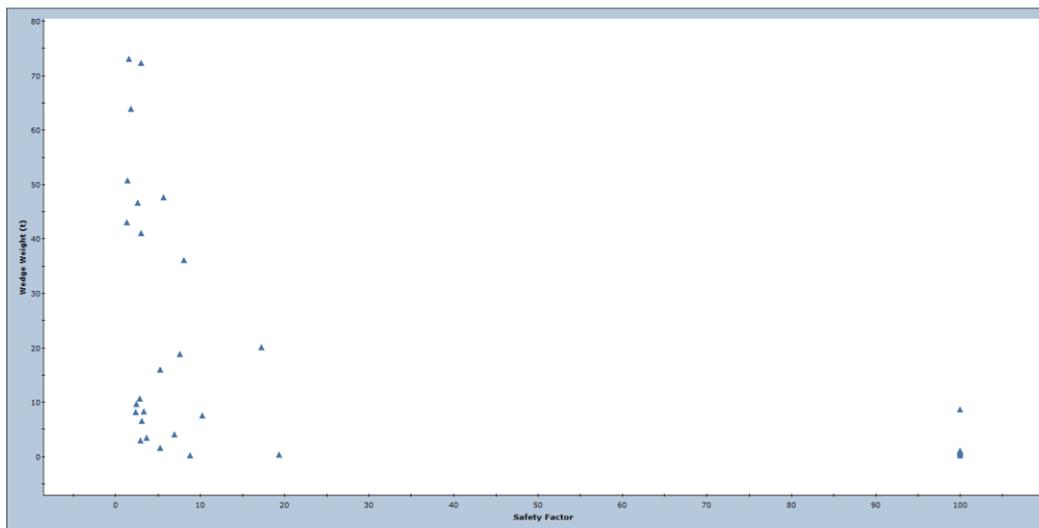
Persistence

Joint1: 10.000 m
Joint2: 6.365 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 41.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 4.000 deg
Dip of Joint 2: 82.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 271.000 deg

Safety Factor vs. Wedge Weight (t)



1.1.3. CANALES DE DESCARGA

1.1.3.1. TALUD TRANSVERSAL

1.1.3.1.1. TALUD DERECHO

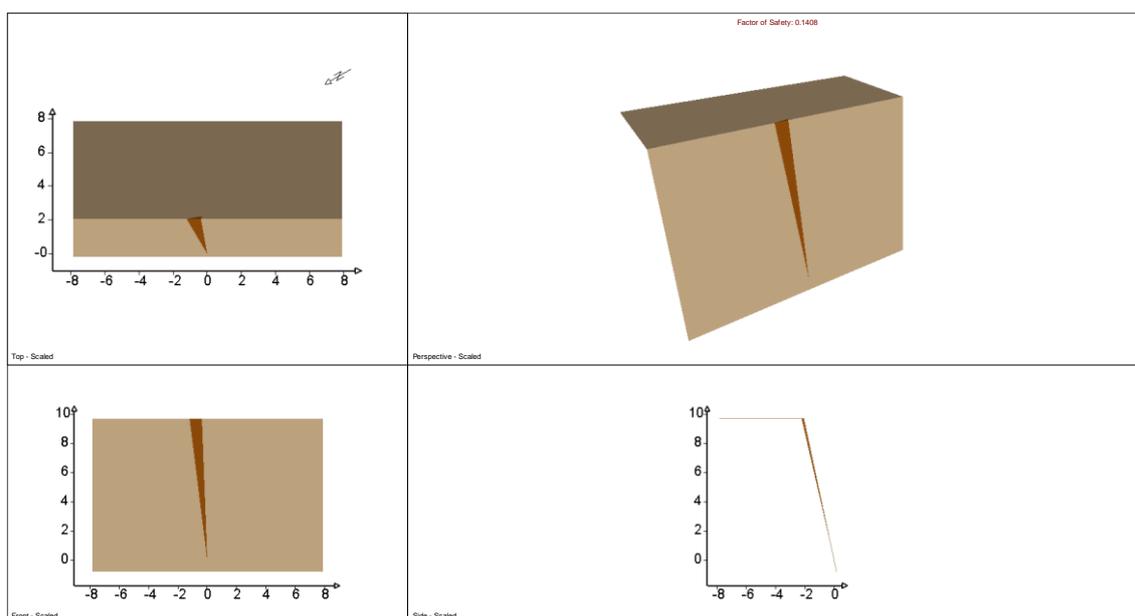
1.1.3.1.1.1. ROTURA PLANA

Rotura por junta, igual que el caso del talud SE de la central.

1.1.3.1.1.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

Rotura por estratificación, igual que el caso del talud SE de la central.

1.1.3.1.1.3. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=45
Number of Invalid Wedges=60
Number of Failed Wedges=10
Number of Stable Wedges=35

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 0.1408

Volume: 0.212 m³
Weight: 0.552 t
Area (joint1): 0.810 m²
Area (joint2): 4.502 m²
Area (slope face): 4.149 m²
Area (upper face): 0.066 m²
Normal Force (joint1): 0.005 t

Normal Force (joint2): 0.126 t
Normal Stress (joint1): 0.006 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.028 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.003 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.016 t/m²
Driving Force: 0.538 t
Resisting Force: 0.076 t
Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 76.993 deg
Trend: 291.935 deg

Line of Intersection

Plunge: 76.993 deg
Trend: 291.935 deg

Length: 9.966 m

Slope Input Data

Height: 10.500 m

Dip: 78.000 deg

Dip Direction: 300.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 84.000 deg

Dip Direction: 229.000 deg

Waviness: 0.000 deg

c: 0.000 t/m²

Phi: 30.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 77.000 deg

Dip Direction: 290.000 deg

Waviness: 0.000 deg

c: 0.000 t/m²

Phi: 30.000 deg

Trace Length

Joint1: 9.934 m

Joint2: 10.000 m

Persistence

Joint1: 9.966 m

Joint2: 10.000 m

Combination Info

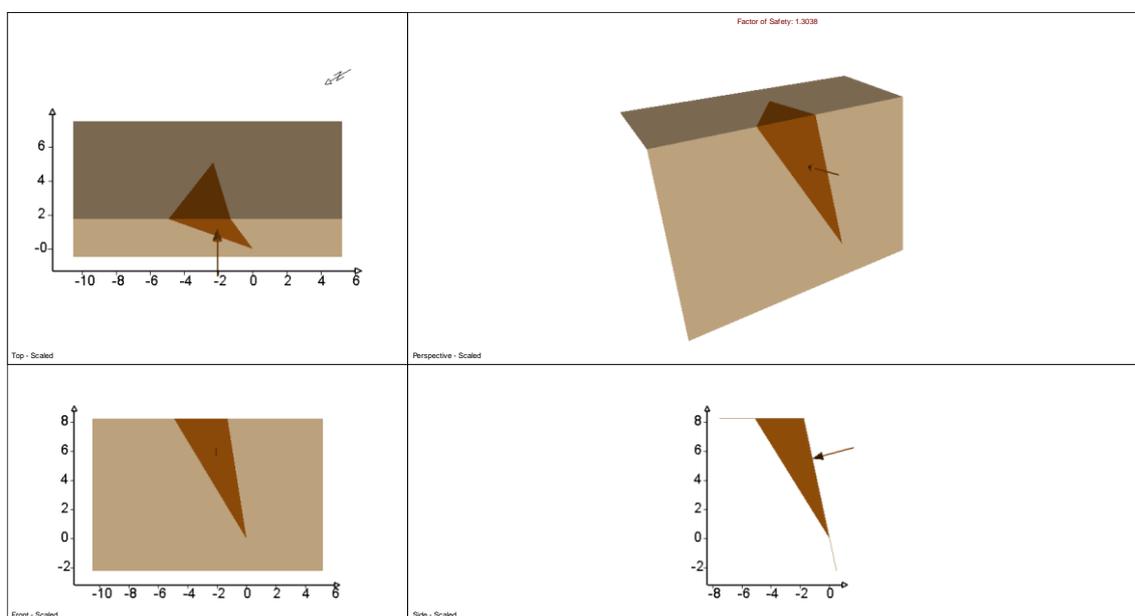
Dip of Joint 1: 84.000 deg

Dip Direction of Joint 1: 229.000 deg

Dip of Joint 2: 77.000 deg

Dip Direction of Joint 2: 290.000 deg

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 1,05 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105

Number of Valid Wedges=45

Number of Invalid Wedges=60

Number of Failed Wedges=0

Number of Stable Wedges=45

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.3038

Volume: 16.831 m³

Weight: 43.760 t

Area (joint1): 20.527 m²

Area (joint2): 14.554 m²

Area (slope face): 15.408 m²

Area (upper face): 6.100 m²
Normal Force (joint1): 46.408 t
Normal Force (joint2): 25.185 t
Normal Stress (joint1): 2.261 t/m²
Normal Stress (joint2): 1.730 t/m²
Shear Strength (joint1): 1.305 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.999 t/m²
Driving Force: 31.702 t
Resisting Force: 41.334 t
Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 55.866 deg
Trend: 275.585 deg

Line of Intersection

Plunge: 55.866 deg
Trend: 275.585 deg
Length: 10.000 m

Slope Input Data

Height: 10.500 m
Dip: 78.000 deg
Dip Direction: 300.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 59.000 deg
Dip Direction: 248.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m²
Phi: 30.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 85.000 deg
Dip Direction: 193.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m²
Phi: 30.000 deg

Trace Length

Joint1: 9.797 m
Joint2: 8.561 m

Persistence

Joint1: 10.000 m
Joint2: 10.000 m

Combination Info

Dip of Joint 1: 59.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 248.000 deg
Dip of Joint 2: 85.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 193.000 deg

1.1.3.1.2. TALUD IZQUIERDO

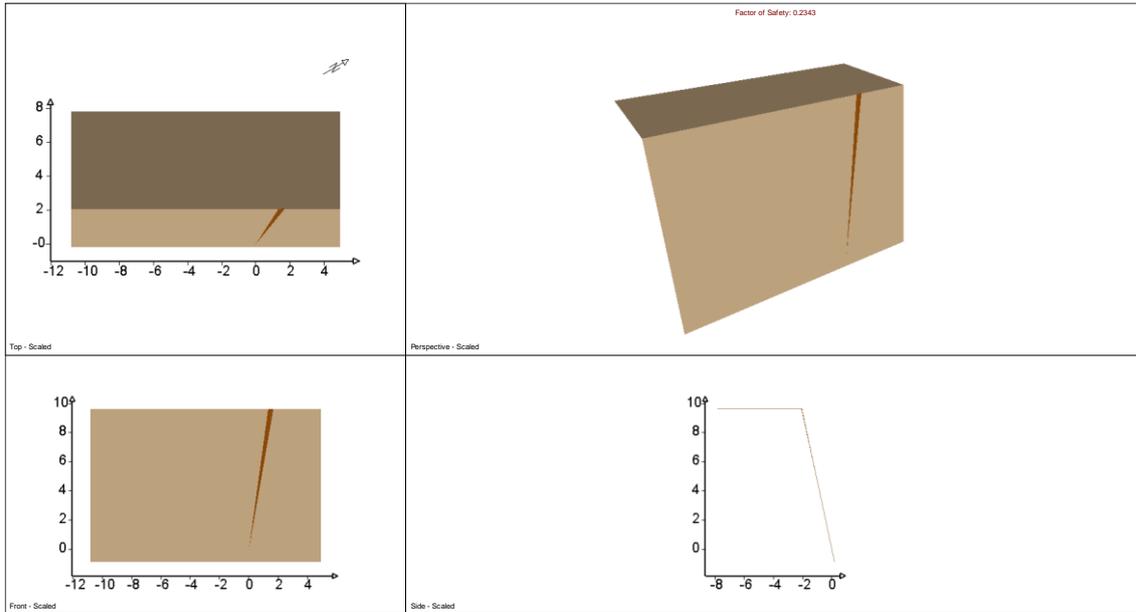
1.1.3.1.2.1. ROTURA PLANA

Rotura por estratificación, igual que el caso del talud longitudinal NW de la central.

1.1.3.1.2.2. ROTURA POR VUELCO DE ESTRATOS

Rotura por junta, igual que el caso del talud longitudinal NW de la central.

1.1.3.1.2.3. ROTURA POR CUÑAS



Combination Analysis

Number of Combinations: 105
Number of Valid Wedges=17
Number of Invalid Wedges=88
Number of Failed Wedges=2
Number of Stable Wedges=15

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 0.2343

Volume: 0.024 m³
Weight: 0.063 t
Area (joint1): 1.736 m²
Area (joint2): 0.211 m²
Area (slope face): 1.733 m²
Area (upper face): 0.008 m²
Normal Force (joint1): 0.013 t
Normal Force (joint2): 0.012 t
Normal Stress (joint1): 0.007 t/m²
Normal Stress (joint2): 0.056 t/m²
Shear Strength (joint1): 0.004 t/m²
Shear Strength (joint2): 0.032 t/m²
Driving Force: 0.061 t
Resisting Force: 0.014 t
Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 74.503 deg
Trend: 158.489 deg

Line of Intersection

Plunge: 74.503 deg
Trend: 158.489 deg
Length: 10.000 m

Slope Input Data

Height: 10.500 m
Dip: 78.000 deg
Dip Direction: 120.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 79.000 deg
Dip Direction: 113.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m²
Phi: 30.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 80.000 deg
Dip Direction: 209.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m²
Phi: 30.000 deg

Trace Length

Joint1: 9.939 m
Joint2: 9.991 m

Persistence

Joint1: 10.000 m

Joint2: 10.000 m

Combination Info

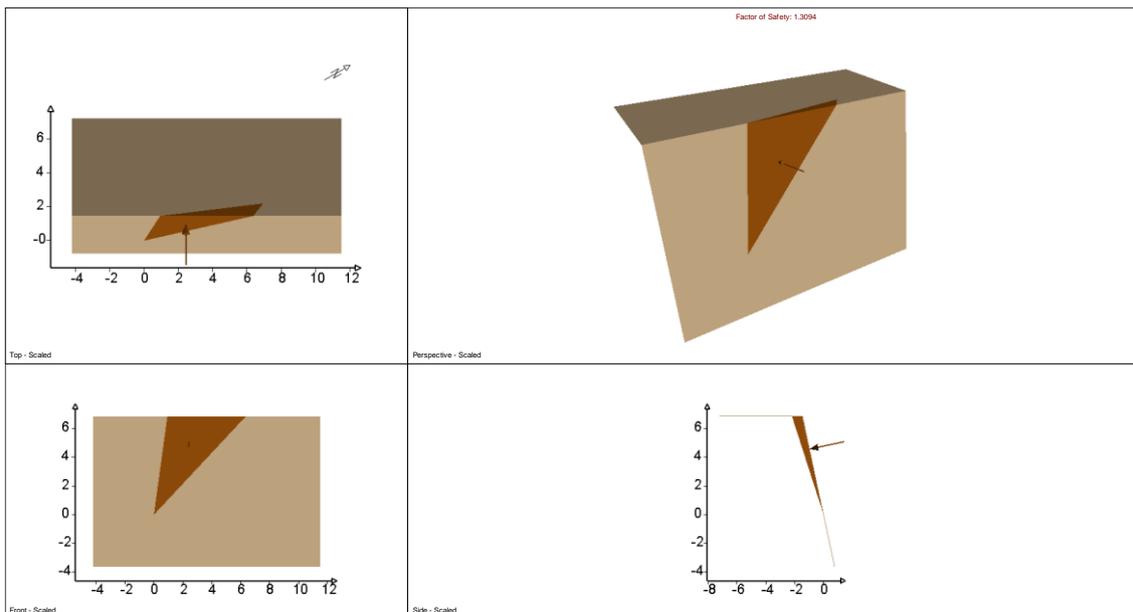
Dip of Joint 1: 79.000 deg

Dip Direction of Joint 1: 113.000 deg

Dip of Joint 2: 80.000 deg

Dip Direction of Joint 2: 209.000 deg

Se realiza un segundo cálculo, mediante la introducción de un elemento estabilizador, fuerza estabilizadora en sentido contra el talud, de 0,072 t/m²:



Combination Analysis

Number of Combinations: 105

Number of Valid Wedges=17

Number of Invalid Wedges=88

Number of Failed Wedges=0

Number of Stable Wedges=17

Min FS Wedge Data

Factor of Safety: 1.3094

Volume: 4.579 m³

Weight: 11.905 t

Area (joint1): 21.138 m²

Area (joint2): 3.744 m²

Area (slope face): 19.035 m²

Area (upper face): 2.004 m²

Normal Force (joint1): 8.495 t

Normal Force (joint2): 9.790 t

Normal Stress (joint1): 0.402 t/m²

Normal Stress (joint2): 2.615 t/m²

Shear Strength (joint1): 0.232 t/m²

Shear Strength (joint2): 1.510 t/m²

Driving Force: 8.062 t

Resisting Force: 10.557 t

Mode: Sliding on Joints 1&2

Sliding Direction

Plunge: 43.276 deg

Trend: 192.454 deg

Line of Intersection

Plunge: 43.276 deg

Trend: 192.454 deg

Length: 10.000 m

Slope Input Data

Height: 10.500 m

Dip: 78.000 deg

Dip Direction: 120.000 deg

Joint1 Input Data

Dip: 79.000 deg
Dip Direction: 113.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m²
Phi: 30.000 deg

Joint2 Input Data

Dip: 59.000 deg
Dip Direction: 248.000 deg
Waviness: 0.000 deg
c: 0.000 t/m²
Phi: 30.000 deg

Trace Length

Joint1: 7.070 m
Joint2: 9.468 m

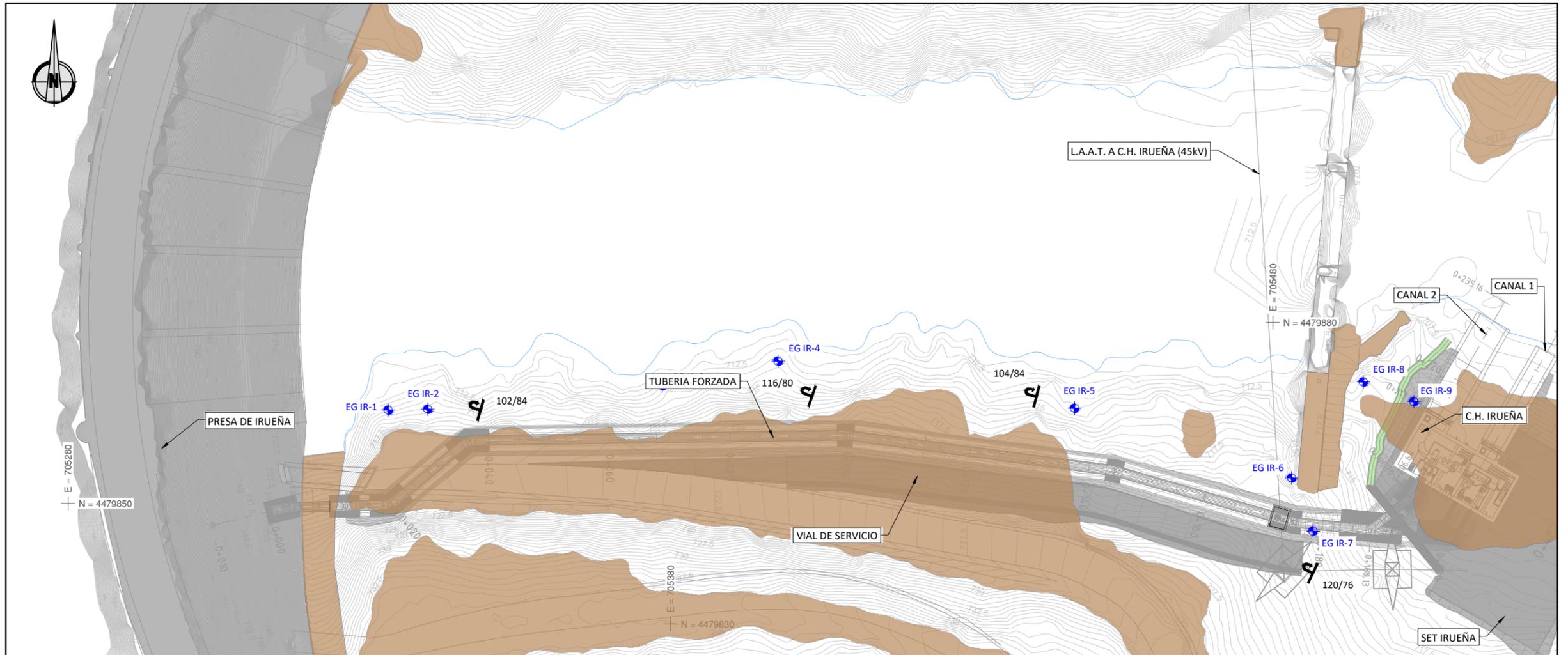
Persistence

Joint1: 10.000 m
Joint2: 10.000 m

Combination Info

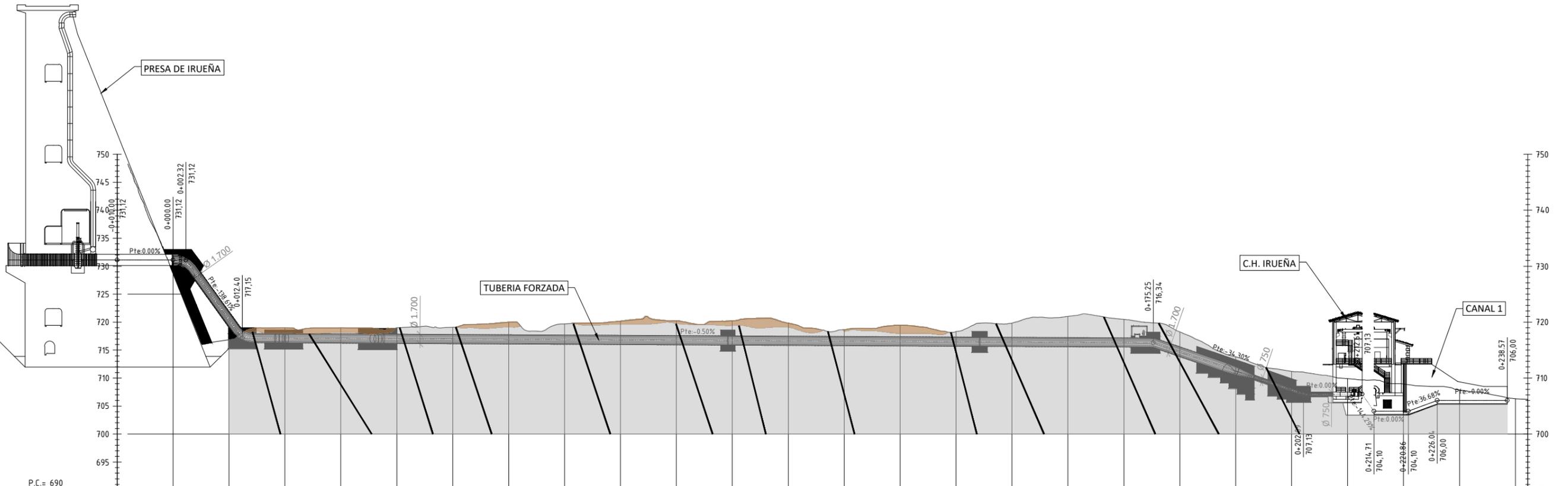
Dip of Joint 1: 79.000 deg
Dip Direction of Joint 1: 113.000 deg
Dip of Joint 2: 59.000 deg
Dip Direction of Joint 2: 248.000 deg

II. PLANOS



LEYENDA	
ELUVIALES/COLUVIALES	
ESTACIÓN GEOMECÁNICA	
BUZAMIENTO	

Promotor 	02	SEGUNDA EDICIÓN	12/22	DEL	JAE	JANA	Título PLANOS GENERALES CIRCUÍTO HIDRÁULICO Geología. Planta	El Autor del proyecto: Jose A. Nuñez Ares El Ingeniero de C.C y P. Col. 9.373	
	Edic.	Objeto	Fecha	Realiz.	Compr.	Aprob.			
	Fichero	EG366030103 A02.02 .dwg	Escala	A3: 1/750			Código EG366030103 A02	NºPlano 01	Hoja 1/2
	Proyecto constructivo	CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE IRUEÑA (SALAMANCA)							



P.C. = 690		P.K.	DISTANCIA AL ORIGEN		COTA RASANTE	COTA TERRENO	COTA ROJA	DIAGRAMA DE CURVATURAS
		-0+010	0,00	0,00	731,12	731,12	-0,49	RECTA 10,00
			10,00	10,00	731,61	731,12	3,64	RECTA 2,32
			20,00	20,00	720,48	716,84	-1,87	RECTA 10,08
			30,00	30,00	717,11	718,98	-1,92	RECTA 7,38
			40,00	40,00	717,06	718,98	-1,98	RECTA 16,79
			50,00	50,00	717,01	718,99	-2,11	
			60,00	60,00	716,96	719,07	-3,04	RECTA 62,62
			70,00	70,00	716,91	719,95	-2,81	
			80,00	80,00	716,86	719,67	-3,34	
			90,00	90,00	716,81	720,16	-3,44	
			100,00	100,00	716,76	720,20	-3,49	
			110,00	110,00	716,71	720,21	-3,12	
			120,00	120,00	716,66	719,78	-2,02	RECTA 45,03
			130,00	130,00	716,61	718,63	-2,86	
			140,00	140,00	716,56	719,42	-1,79	
			150,00	150,00	716,51	718,30	-3,34	
			160,00	160,00	716,46	719,81	-4,59	RECTA 31,03
			170,00	170,00	716,41	721,00	-4,10	
			180,00	180,00	716,36	720,46	-3,52	RECTA 26,84
			190,00	190,00	714,71	718,23	-2,50	
			200,00	200,00	711,28	713,78	-3,34	RECTA 10,52
			210,00	210,00	707,85	709,88	-2,75	RECTA 5,80
			220,00	220,00	707,13	709,88	-4,85	RECTA 21,72
			230,00	230,00	704,10	708,95	-1,87	
			240,00	240,00	706,00	707,87	-1,87	
			242,23	242,23	706,30	706,79		

LEYENDA

- ELUVIALES/COLUVIALES
- ARENISCAS. ROCA TIPO II
- ESTACIÓN GEOMECÁNICA
- BUZAMIENTO

NOTA:
- PERFIL LONGITUDINAL POR EL GRUPO 1

Promotor 	02	SEGUNDA EDICIÓN	12/22	DEL	JAE	JANA	Título PLANOS GENERALES CIRCUÍTO HIDRÁULICO Geología. Planta	El Autor del proyecto: Jose A. Nuñez Ares El Ingeniero de C.C y P. Col. 9.373	
	Edic.	Objeto	Fecha	Realiz.	Compr.	Aprob.			
	Fichero	EG366030103 A02.02 .dwg	Escala	A3: 1/750			Código EG366030103 A02	NºPlano 01	Hoja 2/2
	Proyecto constructivo	CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE IRUEÑA (SALAMANCA)							