



# COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE MINAS DEL NOROESTE DE ESPAÑA

## HOJA DE CONTROL DE FIRMAS ELECTRÓNICAS

Título:

Empresa:

Fecha:

Firma Institución:

Firma Institución:

Firma Institución:

Firma Institución:

Número colegiado/a:

Firma colegiado/a:

Número colegiado/a:

Firma colegiado/a:

Número colegiado/a:

Firma colegiado/a:

Número colegiado/a:

Firma colegiado/a:



Xestión do Solo de Galicia-Xestur,S.A.

**PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE**  
**ARTEIXO ACTECA**  
**MORÁS. ARTEIXO. A CORUÑA**

**PROYECTO DE VOLADURAS PARA LA**  
**EXPLANACIÓN DE LA PARCELA K-3**

**MAYO DE 2017**

**AUTOR: CRISTOBAL LOMBARDÍA FERNÁNDEZ**  
**INGENIERO DE MINAS. COLEGIADO 1072 NO**

---

## INDICE

<b>I.- MEMORIA</b>	<b>5</b>
<b>1. ANTECEDENTES.</b>	<b>5</b>
<b>2. SITUACIÓN DE LAS OBRAS</b>	<b>6</b>
<b>3. OBJETO DEL PROYECTO</b>	<b>6</b>
<b>4. GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA.</b>	<b>7</b>
4.1 Encuadre geológico	7
4.1.1. Granodiorita precoz	7
4.1.2. Suelos residuales	8
4.2. Tectónica	8
4.3. Hidrogeología	9
4.4. Investigación realizada	9
4.5. Resultados de la investigación realizada	9
4.5.1. Niveles geotécnicos	9
4.5.2. Resultados del estudio geotécnico respecto a la hidrogeología	11
4.5.3. Resultados del estudio geotécnico respecto a la excavabilidad	11
4.5.4. Resultados del estudio geotécnico respecto a la estabilidad de taludes	11
4.5.5. Resultados del estudio geotécnico respecto a la formación de terraplenes	11
4.5.6. Aprovechamiento de materiales. Procedencia de materiales	12
<b>5.-TRABAJOS A REALIZAR</b>	<b>13</b>
5.1 Excavación por voladura	13
5.2. Precorte	14
<b>6. VARIABLES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS VOLADURAS</b>	<b>14</b>
6.1. Diámetro del barreno	14
6.2. Longitud de perforación	15
6.3. Inclinación de los barrenos	15
6.4. Sobreperforación	15
6.5. Longitud de retacado	15
6.6. Piedra y espaciamento	15

6.7. Esquemas de perforación y configuración de las voladuras	16
<b>7. TIPOS DE EXPLOSIVOS Y SISTEMA DE CEBADO</b>	<b>16</b>
7.1. Explosivos seleccionados	16
7.2. Sistema de cebado	18
<b>8. SECUENCIAS DE INICIACIÓN Y TIEMPOS DE RETARDO</b>	<b>18</b>
<b>9. RESULTADOS DEL DISEÑO DE LAS VOLADURAS</b>	<b>19</b>
9.1. Voladuras de destroza para excavación	19
9.2. Diseño del circuito en la pega eléctrica y dimensionado del explosor	21
9.3. Estimación del tamaño de las voladuras a ejecutar	23
9.3.1 Voladura en banco de hasta 3 m. de altura.	23
9.3.2 Voladura en banco de 3 a 6 m. de altura.	23
9.3.3 Voladura en banco de más de 6 m. de altura.	23
<b>10. MEDIDAS PARA REALIZAR VOLADURAS EN LA PROXIMIDAD DE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y ESTACIONES TRANSFORMADORAS</b>	<b>24</b>
<b>11.- MEDIDAS PARA CONTROLAR Y REDUCIR LAS VIBRACIONES EN LAS VOLADURAS</b>	<b>25</b>
<b>12.- MEDIDAS PARA REDUCIR LAS POSIBLES PROYECCIONES EN LAS VOLADURAS Y SUS EFECTOS</b>	<b>31</b>
<b>13. CONSUMO TOTAL DE EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS</b>	<b>32</b>
<b>II.- PRESUPUESTO</b>	<b>34</b>
<b>III. -PLANOS</b>	<b>35</b>
<b>IV. -ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>36</b>
<b>1. ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES.</b>	<b>36</b>
1.1 OBJETO Y AUTOR DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.	36
1.2. OBRA A LA QUE SE APLICA	36
1.3.-DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.	36
1.4 INSTALACIONES Y ASISTENCIA SANITARIA.	37
1.5.-MAQUINARIA	38
<b>2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES</b>	<b>38</b>
2.1 TIPIFICACIÓN DEL MECANISMO DE ACCIDENTE.	38
2.2 CATEGORÍAS EXISTENTES POR LABORES.	38



2.3 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS POR LABORES _____	38
2.3.1. - LABORES DE PERFORACIÓN. _____	38
2.3.2. - EXPLOSIVOS. _____	40
<b>3 MEDIDAS DE SEGURIDAD _____</b>	<b>41</b>
3.1 EN LA EJECUCIÓN DE LA PERFORACIÓN _____	41
3.2 EN EL USO Y MANEJO DE EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA _____	44
<b>4 PLIEGO DE CONDICIONES _____</b>	<b>54</b>
4.1 OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS _____	54
4.1.1 Constructora _____	54
4.1.2. Dirección Facultativa _____	54
4.1.3. Jefe de Equipo _____	54
4.1.4. Coordinador de Seguridad y Salud _____	54
4.2 OTRAS ACTUACIONES EN MATERIA DE SEGURIDAD _____	55
4.2.1 Control de entrega de prendas de protección personal _____	55
4.2.2 Formación del personal _____	55
4.2.3 Condiciones de los medios de protección _____	55
4.2.4 Instalaciones médicas _____	56
4.3 CONDICIONES GENERALES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN _____	56
4.3.1 Protecciones personales _____	56
4.3.2 Empleo de protecciones personales. _____	57
4.4 PROTECCIONES COLECTIVAS _____	57
4.4.1 Equipos de Protección Colectiva _____	57
<b>5 DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN _____</b>	<b>59</b>

## **I.- MEMORIA**

### **1. ANTECEDENTES.**

En Marzo de 2.007, la sociedad pública **XESTIÓN URBANÍSTICA DA CORUÑA, S.A.** adjudica la redacción del “Proxecto Técnico das Obras de Urbanización do Parque de Actividades Económicas de Arteixo (ACTECA)” así como la actualización y adaptación de los proyectos de servicios exteriores y viales de acceso. El objeto de estos proyectos constructivos es definir la ejecución de las obras correspondientes a la Urbanización del Parque Empresarial, teniendo en cuenta las conexiones exteriores de servicios previstas.

Las obras de urbanización se inician con la firma del acta de replanteo el 14 de abril de 2009. Debido a causas técnicas y financieras como la no ejecución del retranqueo de la LAT y del gasoducto presente en el ámbito, es necesario suspender las obras de manera temporal, levantándose la correspondiente acta de suspensión temporal el 27 de marzo de 2013, por un plazo máximo de 2 años. Pasado ese plazo, se decide no reanudar las obras y se procede a su liquidación.

En el momento de la suspensión de las obras, la obra se encontraba en aproximadamente el 70% de su ejecución, pretendiéndose en la actualidad retomar las obras de urbanización del parque empresarial.

Ante la inminente reanudación de las obras de urbanización del parque de actividades económicas de Arteixo, y ante las expectativas fundadas de que hay empresas interesadas en implantarse e iniciar las obras de edificación de manera inminente, surge la necesidad de realizar el movimiento de tierras correspondiente a la voladura de la plataforma K3, para no afectar a esas instalaciones o edificaciones que se puedan ejecutar a corto plazo. La ejecución de las voladuras con la presencia de edificaciones cercanas implicaría la adopción de criterios más restrictivos que minimizasen el riesgo de generar daños personales y/o materiales, lo que a su vez implicaría un encarecimiento de los trabajos. Por ello, se considera conveniente realizar la explanación de la plataforma con carácter de urgencia para que estos trabajos estén finalizados cuando las empresas interesadas empiecen los trabajos de edificación.

En su día la explanación de la plataforma K3 quedó pendiente de ejecutar debido a la imposibilidad de utilizar el material en la zona por donde transcurría la línea de alta tensión que cruzaba el ámbito. Una vez soterrada la línea, es necesario rellenar la trinchera que quedó sin rellenar para poder proseguir con la urbanización de esa zona, para lo que será utilizado el material extraído de la plataforma.

Por otro lado, ante las perspectivas de venta de parcelas y ejecución de obras en el parque, se considera necesario adecuar un itinerario provisional de acceso a la obra que permita la circulación de manera ordenada y en condiciones mínimas de seguridad al personal de obra, a los comerciales, a clientes, visitas,....

El volumen máximo de las excavaciones necesarias previstas es de 318.286 m<sup>3</sup>. La práctica

totalidad de este volumen requiere la aplicación de técnicas de perforación y voladura.

Dado el volumen a ejecutar y la presencia de los citados elementos de afección las voladuras tienen la consideración de especiales de acuerdo con la ITC 10.3.01. (R) del RGNBSM.

Los trabajos de ejecución del citado proyecto están en fase de adjudicación, para la cual **Xestión do Solo de Galicia-Xestur, S.A.** ha convocado un concurso público, que se resolverá en breve plazo.

El presente proyecto se redacta con el fin de obtener la autorización de la ejecución del mismo por el Órgano competente en materia de voladuras, el Servicio de Energía y Minas de la Xunta de Galicia y servir, posteriormente, una vez adjudicados los trabajos, la autorización de consumo de explosivos en cantidad suficiente para ejecutar dichas excavaciones.

Para la ejecución de las voladuras se estima un plazo de cuatro meses, una vez obtenida la autorización de consumo de explosivo.

## 2. SITUACIÓN DE LAS OBRAS

El Parque Empresarial se localiza en la provincia de A Coruña en el Concello de Arteixo, Parroquia de Morás. El acceso a la zona de voladuras se realiza partiendo de la A-6, por la carretera AC-551, llegado a la rotonda donde finaliza, en donde se sale por la AC-552 e inmediatamente a la izquierda la AC-411. Ya dentro del núcleo de Arteixo se toma un desvío a la izquierda hacia la DP-0512. Entre el pK 10 y pK 9 se encuentra, a la derecha, el acceso al Parque Empresarial, actualmente en fase de construcción

En el plano nº 1 se observa la situación general de la obra. Los planos nº 2 y 3 muestran la topografía actual y la final prevista de la parcela. El Plano nº 4 muestra el entorno próximo a las zonas de voladura, donde se observa los elementos de posible influencia, que serán considerados en el apartado correspondiente de este Proyecto, así como las distancias de las zonas a volar respecto de viviendas y otros edificios próximos, y AG-55, A Coruña-Carballo. Los planos 5.1 a 5.3 muestran los perfiles transversales de las excavaciones por voladura, cuyo volumen total se estima como se ha dicho en 318.286 m<sup>3</sup>

## 3. OBJETO DEL PROYECTO

En este proyecto se diseña los esquemas de voladura que se empleará en los trabajos de excavación, definiendo la geometría de las mismas, así como los tipos y cargas de explosivo y accesorios necesarios para su ejecución. El presente Proyecto tiene por objeto la obtención de la Autorización, por el Subdelegado del Gobierno en A Coruña de consumidor eventual de explosivos para la ejecución de las voladuras necesarias para las excavaciones de los desmontes, previo informe del Director del Área de Industria y Aprobación del Proyecto por el Servicio de Enerxía y Minas de la Delegación Territorial de la Xunta de Galicia en A Coruña.

Se definen los esquemas de las voladuras y los equipos y las medidas de seguridad que serán de aplicación para garantizar la correcta ejecución de los trabajos y la prevención de los riesgos laborales inherentes a obras de esta naturaleza. Por último, se realizará una

estimación económica de las obras proyectadas con el objeto de conocer el valor total de las inversiones necesarias para su correcta ejecución.

En la redacción de este proyecto se ha tenido en cuenta toda la legislación vigente. En el desarrollo de los trabajos de excavación con explosivos se cumplirá en la obra toda la normativa técnica y legislativa aplicable, que se recoge en los siguientes documentos:

- Reglamento de Explosivos, aprobado por Real Decreto 130/2017, de 24 de febrero.
- Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, R.D. de 2-IV-1985, BOE de 12-IV-1985 y 18-XII-1985 e Instrucciones Técnicas Complementarias del Capítulo X, Explosivos, modificada por la O.M. de 29-VI-1994.
- Norma UNE 22-381-93, Control de vibraciones producidas por voladuras.
- Reglamento de Policía Minera y Metalúrgica.

Para los trabajos de perforación y voladura una vez adjudicados los trabajos de ejecución del proyecto en su conjunto, será preceptivo la contratación de Empresa que figure inscrita en el Registro de Empresas autorizadas para la Ejecución de Voladuras Especiales, y cuente en su plantilla con Artilleros autorizados para carga y disparo de voladura, provistos del carné de aptitud reglamentario, expedido por el Área de Industria correspondiente, lo que le confiere, por tanto, capacidad suficiente para su ejecución.

## **4. GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA.**

A continuación se incluye un resumen de las características geológicas y geotécnicas de la parcela a excavar, extraído del **INFOME GEOTECNICO**, redactado en abril de 2003, por la empresa **CGG, CONSULTORIA GEOLOGÍA GEOTÉCNIA**, para el proyecto inicial del Parque de Actividades Empresariales de Arteixo.

### **4.1 Encuadre geológico**

La zona objeto de estudio se encuentra enmarcada en su totalidad sobre rocas de naturaleza granítica, concretamente sobre la unidad denominada "Granodiorita precoz  $x \gamma \eta^2$ ", de acuerdo con la nomenclatura utilizada por el ITGE en la Hoja 45 (5-5) del Mapa Geológico Nacional MAGNA a escala 1/50.000.

Estos materiales desarrollan unos suelos residuales arenosos de elevada compacidad, que comúnmente se conocen con el nombre de "jabres". En la parcela a explanar la roca presente es mayoritariamente, granodiorita.

#### **4.1.1. Granodiorita precoz**

Se trata de una granodiorita de textura porfiroide, caracterizada por presentar un tamaño de grano grueso, en el que destaca la existencia de megacrístales de feldespato, normalmente maclados, y que podrían alcanzar longitudes de hasta 12 cm.

Microscópicamente muestra texturas hipidiomórficas o alotriomórficas, generalmente

deformadas, en las que ocasionalmente se observa cierto grado de orientación, prueba de que la citada litología estuvo sometida a esfuerzos tectónicos de considerable intensidad, que podrían asemejar la textura de la misma a la de un gneis.

La composición mineralógica esencial se encuentra representada por proporciones variables de cuarzo, plagioclasa, microclina, biotita y a veces la moscovita.

En cuanto a los minerales accesorios, son el circón, apatito, opacos, allanita, esfena, rutilo y xenotima, los más característicos, presentando más ocasionalmente turmalina, granate y berilo.

#### **4.1.2. Suelos residuales**

El substrato rocoso descrito desarrolla espesores muy reducidos de suelos residuales. Se trata de suelos de granulometría areno limosa, carentes de plasticidad aparente, que se presentan más como una mera transición al substrato rocoso granítico que como una unidad geotécnica propiamente dicha.

Su grado de compacidad aumenta paulatinamente con la profundidad a medida que su grado de meteorización disminuye y su aspecto se asemeja más al de un substrato rocoso que al de un suelo.

### **4.2. Tectónica**

La zona objeto de estudio ha sido afectada por una **tectónica polifásica de edad Hercínica**. Dicha edad, ha sido determinada mediante la comparación entre la zona reconocida con otras zonas más externas del geosinclinal paleozoico, así como mediante la datación radiométrica de los granitos de Guitiriz y Forgoselos.

A grandes rasgos, pueden diferenciarse **tres fases** de deformación. La **primera fase estaría** representada por un gran pliegue tumbado, en el que pueden reconocerse hasta cinco kilómetros de flanco invertido. A menor escala, esta fase se manifiesta mediante una esquistosidad de flujo tipo epizonal, aunque en parte de la superficie aflorante, esta estructura esta enmascarada por la presencia de una esquistosidad de posterior generación.

En cuanto a la **segunda fase** de deformación, son característicos de la misma una serie de pliegues cilíndricos regulares, de dirección N-S a N10°E (es prácticamente homoaxial a la primera fase) y buzamiento axial marcado hacia el Norte (10° - 30°). La actuación de la presente etapa de deformación geotectónica, produjo un replegamiento de las estructuras originadas en épocas anteriores, acentuado en las zonas donde las temperaturas eran más elevadas. Las estructuras observables a pequeña escala, son principalmente esquistosidades de tipo "strain - slip" (en zonas relativamente poco metamorfizadas) y de flujo (en aquellas donde el metamorfismo ha actuado con mayor intensidad, atribuyéndose a la zona de la biotita).

A continuación, se produjo una **tercera fase** de deformación Hercínica de carácter muy localizado, desarrollándose pliegues "kink bands" de escala decimétrica, con planos axiales subhorizontales o en todo caso de buzamiento suave (en torno a 20°).

Por último, se dedujo la existencia de **deformaciones póstumas** a la actuación Hercínica, manifestadas claramente por la actividad de fallas de desgarre dextrógiras, de E-O a ESE-ONO, con desplazamientos que oscilan entre 100 m y 1000 m. Dichas estructuras corresponderían a una compresión tardihercínica de dirección NO-SE.

### **4.3. Hidrogeología**

La hidrogeología subterránea está casi exclusivamente condicionada por la **red de fracturas y diaclasas** establecidas en los materiales granitoideos, ya que la porosidad de los metasedimentos es baja.

En la zona, son aprovechados algunos acuíferos superficiales mediante pozos que suministran caudales reducidos para servicio de pequeños núcleos de población. Las peculiaridades topográficas y litológicas en la zona condicionan un predominio de la escorrentía sobre la infiltración.

### **4.4. Investigación realizada**

Ensayos:

- **S1:** Sondeo realizado en el borde de la parcela k-3 el 4/4/2009

Se distinguen tres tramos principales:

- a) 0.00-8.25m., Relleno antrópico:** formado por arena parda blanquecina con bastante grava y gravilla e indicios de limos. Sobre los dos metros aparecen fragmentos granodioríticos de mayor tamaño, y a partir de los 3.60m el tamaño de la arena aumenta a medio grueso y se vuelve de color pardo, con algo de limo. Compacidad densa. A partir de los 6.50m se produce un aumento de la concentración de limo
- b) 8.25-8.60m., Tierra vegetal:** arenas negruzcas con bastante limo y compacidad medianamente densa.
- c) 8.60-12.10m., Sustrato rocoso granodiorítico:** granodiorita de dos micas, con tamaño de grano medio y abundantes fenocristales de feldespato. Tonalidad anaranjada por efecto de la oxidación. Se observan 3 familias de diaclasas.

En esta zona se realiza un ensayo de resistencia a la compresión axial obteniéndose un resultado de  $577 \text{ kg/cm}^3$ , así como la medida de Humedad natural 0.63% y de la densidad seca  $2,506 \text{ g/cm}^3$ .

Sin embargo, hemos de poner de relieve, que se trata de un sondeo realizado en el borde de la parcela a excavar, siendo en la zona central de la misma prácticamente inexistentes los niveles a) y b), como ha podido comprobar el que suscribe, durante la vista previa, a la zona de proyecto.

### **4.5. Resultados de la investigación realizada**

#### **4.5.1. Niveles geotécnicos**

Como consecuencia de la investigación realizada se han detectado, en la zona de proyecto, 4 niveles geotécnicos:

- **Nivel 1, de relleno artificial no controlado.** Se trata de escombreras de materiales similares a los de la zona de estudio, aunque se aprecian otros de origen distinto (se distinguen esquistos). La granulometría es muy variada resultando muy heterogéneos los tamaños presentes en las escombreras. Los de más reciente vertido (los superiores y en los frentes de los taludes), parece estar organizados por tamaños, encontrando pequeñas pilas con escollera, bolos, todo-uno, etc. Compacidad suelta, excepto en las escombreras más antiguas que, por el tiempo y el peso de los materiales depositados encima, pueden presentar una compacidad media. No afecta en esta parcela
- **Nivel 2, de tierra Vegetal.** Arenas limosas con restos de raíces. Potencia variable desde inexistente a más de 0,5 m. Compacidad de muy suelta a suelta. Se aprecia ligeramente en la zona central de la parcela, que no había sido excavada durante los trabajos realizados en la parcela con anterioridad a la paralización de trabajos en el año 2013.
- **Nivel 3, de arena limosa.** Suelos procedentes de la alteración del sustrato granítico subyacente, constituyendo un nivel de transición hacia el mismo. Se conocen con el nombre de **Jabres**. Suelos de espesor normalmente reducido (en un gran parte de la superficie inexistente) con espesores, por lo general, inferiores a 0,5 m. Presentan elevada compacidad. A estos materiales, de acuerdo con las inspecciones realizadas, se les ha asignado los siguientes parámetros geomecánicos:

Parámetro	Valor
Densidad aparente (Tm/m <sup>3</sup> )	1,7
Densidad saturación (Tm/m <sup>3</sup> )	2.1
Ángulo de rozamiento interno:	35°
Cohesión (Tm/m <sup>2</sup> )	1.0
Módulo de deformación (Kp/cm <sup>2</sup> )	320-1200

- **Nivel 4, Sustrato rocoso granodiorítico,** cuyo grado de alteración en los múltiples afloramientos presentes es III - IV (según la escala ISRM). Es decir, se presenta relativamente sano mostrando un diaclasado de espaciado decimétrico a métrico. A estos materiales, de acuerdo con las inspecciones realizadas, se les ha asignado los siguientes parámetros geomecánicos:

Parámetro	Valor
Densidad aparente (Tm/m <sup>3</sup> )	2,3
Densidad saturación (Tm/m <sup>3</sup> )	2,4



Ángulo de rozamiento interno:	35°
Cohesión (Tm/m <sup>2</sup> )	5,0
Módulo de deformación (Kp/cm <sup>2</sup> )	>1.200

#### **4.5.2. Resultados del estudio geotécnico respecto a la hidrogeología**

Por lo que a hidrogeología se refiere, se detecta la existencia de aguas subálveas en los suelos suprayacentes al sustrato rocoso. Este último realiza las funciones de Nivel de Base impermeable.

En las fallas que afectan al macizo rocoso se pueden dar acumulaciones de agua, especialmente en aquellas en que el grado de fisuración y trituración es mayor pudiendo dar lugar a manantiales a distintas alturas a lo largo de las mismas.

#### **4.5.3. Resultados del estudio geotécnico respecto a la excavabilidad**

De acuerdo con la caracterización de los materiales que componen el subsuelo del ámbito de actuación, indicada anteriormente, y en base al estudio exhaustivo realizado en las zonas de desmonte una vez hubo acceso a todas ellas, se prevé una excavación casi íntegramente en roca (99,5 %), resultando el 0,5 % restante del desmonte en suelo, sin incluir la tierra vegetal.

En consecuencia, la práctica totalidad del arranque previsto en los desmontes planificados será mediante voladura.

#### **4.5.4. Resultados del estudio geotécnico respecto a la estabilidad de taludes**

En este apartado C.G.G. diferencia entre los taludes de desmonte y de terraplén. Así mismo, entre los taludes en desmonte en roca y los taludes en desmonte en suelo compacto (residual o transición).

Concluye el estudio geotécnico taludes en desmonte en roca 1H:5V estables con continuidad en el tiempo, tanto a la rotura profunda como por lo que respecta al deslizamiento de cuñas. Para los taludes en terraplén con suelos se recomienda una pendiente 3H:2V.

#### **4.5.5. Resultados del estudio geotécnico respecto a la formación de terraplenes**

Para la formación de los terraplenes, en el estudio, se recomienda el uso de los materiales correspondientes a los niveles 3 y 4 (suelo residual y macizo rocoso), despreciando los correspondientes a las escombreras y el sustrato orgánico, este último soporte de la cobertera vegetal.

Estos materiales (niveles 3 y 4, este último previo machaqueo) pueden formar parte de cualquiera de las zonas del terraplén. Los suelos residuales, analizados en las muestras, se clasifican como SM ó SM-SW de acuerdo con la Clasificación Casagrande, con los resultados de los ensayos de Identificación y Clasificación siguientes:



<i>ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN</i>		<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
		<b>C-1</b>	<b>C-4</b>	<b>C-7</b>
	100	100	100	100
	40	100	100	100
Granulometría (% que pasa por el Tamiz UNE)	20	100	100	100
	2	67	58.9	84.7
	0.4	24.5	22	37.1
	0.08	10.2	8.9	13.5
Límites de Atterberg:	L.L.:	N.P.	N.P.	N.P.
	L.P.:	N.P.	N.P.	N.P.
Clasificación Casagrande		SM-SW	SM-SW	SM
<i>ENSAYOS DE COMPACTACIÓN</i>				
Ensayos CBR	Índice	28		
	Hinchamiento	0.12%		
Ensayos Proctor	D. Máx.	1.77		
	H. Opt.	15.5%		
Corte Directo	Cohesión		0.4	
	Ángulo		35.9°	
<i>ENSAYOS AGRESIVIDAD</i>				
Contenido en sulfatos		N.P		

#### **4.5.6. Aprovechamiento de materiales. Procedencia de materiales**

En cuanto al aprovechamiento de los materiales excavados en la construcción de rellenos para viales y estructurales, cabe diferenciar:

- **Material seleccionado.** Se corresponde con las **gravas con matriz areno-limosa** procedentes de las voladuras, en algunos casos una vez sometidos a tratamientos de machaqueo, molienda y clasificación. Por tanto podrán ser empleados en las capas de coronación de terraplenes destinados a viales y en los rellenos estructurales. Material prácticamente inexistente en las zonas de desmonte.
- **Material adecuado-tolerable.** Se corresponden con la mayor parte de los **rellenos antrópicos** y localmente las zonas de desarrollo de suelos debido al sistema hídrico de la zona y acumulaciones de fondo de valle. Aptos para su empleo como núcleo de terraplenes destinados a viales y con reservas como capas superiores. Deberán entrar a formar parte del todo-uno.
- **Material inadecuado.** Se corresponde con la **tierra vegetal**. No son aptos para la construcción de terraplenes ni de rellenos estructurales. También zonas localizadas de los acopios en las escombreras existentes.

Debido a la escasez de material seleccionado existente en la obra, se habrá de efectuar tratamientos intermedios a aquellos materiales que aparezcan localizadamente, de cara a prepararlos para su utilización en las zonas de terraplén donde se hace imprescindible la colocación de material seleccionado, fundamentalmente los 0,50 m superiores de la coronación de explanada de viales. Lo mismo ocurre para el relleno de zanjas de servicios.

El tratamiento más comúnmente utilizado será el acopio intermedio. Es decir, se identificará, en los bancos de desmonte, qué material presenta la granulometría adecuada para su uso en

las coronaciones de viales; ese material se trasladará a alguno de los acopios intermedios que deberán disponerse a lo largo y ancho de la superficie de obras, y permanecerá en dicho acopio hasta el momento de su uso en coronaciones de viales y relleno de zanjas de servicios.

Por lo expuesto, en base a toda la información disponible, se considera que la formación rocosa en las que se efectuará **la excavación requerirá, en casi su totalidad, el empleo de voladuras** y, en una proporción mínima, podrá ser excavada por medios mecánicos.

Los taludes en roca sana que requieran el empleo de voladuras, se han proyectado partiendo de la hipótesis de que el macizo rocoso no se verá perturbado de manera apreciable por las voladuras.

## 5.-TRABAJOS A REALIZAR

### 5.1 Excavación por voladura

De acuerdo con los resultados del estudio geotécnico las voladuras se desarrollarían en la excavación necesaria en el nivel denominado **sustrato rocoso granodiorítico**.

En siguiente tabla se hace un resumen de volúmenes de excavación a ejecutar, a partir de las cubicaciones, separadas por alturas de banco, obtenidas de los perfiles transversales incluidos en los planos 4.1 a 4.3, de forma detallada.

pK	Sup. Perfil (m <sup>2</sup> )	<3 m.	3 A 6 m.	> 6 M.	Volumen (m <sup>3</sup> )
0	0,23				
20	635,18	1.414,20	4.939,90		6.354,10
40	612,00	2.992,10	9.479,70		12.471,80
60	625,75	3.506,50	8.871,00		12.377,50
80	706,73	5.172,40	8.152,40		13.324,80
100	776,77	5.203,20	9.631,80		14.835,00
120	826,40	7.847,00	8.184,70		16.031,70
140	966,77	8.016,70	4.866,40	5.048,60	17.931,70
160	1.133,50	1.244,90	6.561,10	13.196,70	21.002,70
180	1.077,61	1.236,80	8.992,00	11.882,30	22.111,10
200	1.081,50	3.754,80	10.099,00	7.737,30	21.591,10
220	1.028,21	1.550,50	10.384,80	9.161,80	21.097,10
240	1.122,97	190,50	7.780,80	13.921,50	21.511,80
260	1.325,96	3.682,60	4.334,60	16.472,10	24.489,30
280	1.054,01	8.013,10	8.077,30	7.709,30	23.799,70
300	803,52	6.791,50	11.783,80		18.575,30
320	618,79	3.800,40	10.422,70		14.223,10
340	542,69	2.380,60	9.234,20		11.614,80
360	508,53	4.043,30	6.468,90		10.512,20
380	331,24	4.699,10	3.698,60		8.397,70
400	125,73	2.119,70	2.450,00		4.569,70
420	20,67	524,50	939,50		1.464,00
	TOTAL	77.803,40	155.353,20	85.129,60	318.286,20

Como se observa, el volumen total máximo previsto para la excavación por voladura es de 318.286,2 m<sup>3</sup>.

## **5.2. Precorte**

Teniendo en cuenta que se trata de la explanación de la parcela, en el estado final tras las obras no quedarán taludes, por lo que no está prevista la ejecución de voladuras de precorte.

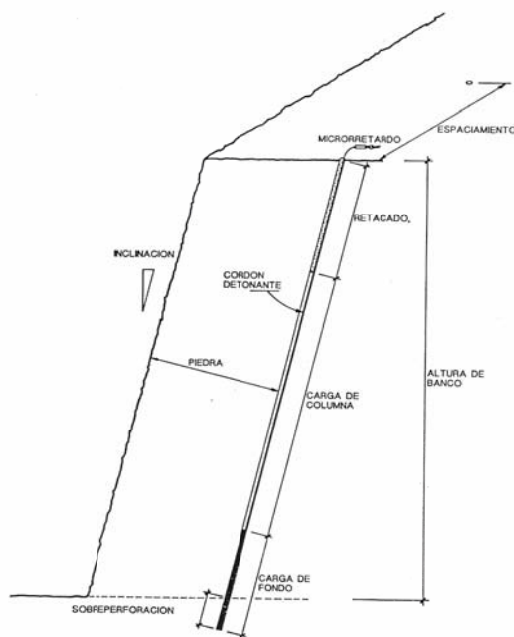
## **6. VARIABLES DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS VOLADURAS**

### **6.1. Diámetro del barreno**

La elección del diámetro del barreno D está gobernada en este caso por el equipo de perforación que se va a emplear, que será un carro perforador de mediano tamaño y una altura de banco que va a ser limitada, con lo que se empleará un diámetro máximo de perforación en fondo de barreno de 3,5" (88,9 mm.)

Cuando D es mediano los costes de perforación, cebado e iniciación son mayores que para diámetros superiores a 100 mm., y en las operaciones de carga, retacado y conexión se consume más tiempo o mano de obra. Sin embargo, la ventaja que se presenta es la mejor distribución del explosivo, se mantiene un consumo específico adecuado y se consigue una granulometría del material volado adecuado a los medios de carga y apta para empleo en terraplenes.

Además, cuando existen limitaciones por razón de las vibraciones un diámetro menor permite conseguir cargas operantes menores con la misma longitud de barreno, con lo que se pueden mantener alturas de banco mayores, que dan mejores resultados de esponjamiento y reducen las proyecciones.



## **6.2. Longitud de perforación**

Está gobernada en este caso por la topografía actual de la zona a volar y el hueco de excavación que se pretende realizar y por lo tanto variará entre los 2 y los 12 m.

La altura de banqueo será compatible con errores tolerables y el buen saneamiento del frente de roca definitivo, no aconsejándose superar los 12 m de altura de banco, salvo justificación en zona muy puntuales, por razones de topografía.

## **6.3. Inclinación de los barrenos**

Dada la configuración geometría de las excavaciones se perforarán ligeramente inclinados con un ángulo de 5° a 10° sobre la vertical, para la destroza.

Los barrenos de destroza próximos al talud provisional mantendrán la misma inclinación que el resto pero su longitud se ajustará para conseguir una distancia al talud adecuada para evitar daños en el macizo residual. También se pueden perforar paralelos al talud provisional los de la fila más próxima, ajustando la longitud del resto de forma progresiva a medida que las filas se separan de éste.

## **6.4. Sobreperforación**

La perforación por debajo del piso es necesaria para romper la roca al nivel del suelo y permitir al equipo de carga alcanzar la cota de excavación prevista. Una mala fragmentación en esa zona provoca un aumento en el coste de la carga, además del propio de la eliminación de repiés. Las cargas inferiores de los barrenos crean unos conos invertidos de tal manera que para que se corten al nivel del banco cuando el espaciamiento S es  $S = 1-1,4B$ , debe cumplirse que la sobreperforación J sea  $J = 0,15-0,3B$ .

Longitudes mayores a las indicadas no ayudan significativamente al despegue de la roca, y suponen un derroche de explosivo, fuente de vibraciones por el mayor confinamiento y afecta negativamente a la estabilidad de la parte alta del banco inferior en posteriores voladuras.

## **6.5. Longitud de retacado**

El retacado T tiene la misión de confinar los gases producidos, aprovechando su energía en el proceso de fragmentación de la roca, esto es, abriendo las grietas y las fracturas existentes y desplazando al macizo rocoso hacia la superficie libre.

En voladuras en banco con  $H > 40D$ , la longitud de retacado puede llegar a ser igual al valor de la piedra. El límite inferior de su longitud no debe ser menor de 25 D.

En cuanto al material de retacado aconsejable debe tener una granulometría media de 1/17 a 1/25D, y a ser posible procedente de trituración. Habitualmente se empleará el propio detritus de la perforación, empleando tacos de arcilla en las situaciones en las que se deba asegurar la ausencia de proyecciones por proximidad a viviendas, instalaciones industriales y otros elementos a proteger.

## **6.6. Piedra y espaciamiento**

Los valores de la piedra B y espaciamiento S dependen básicamente del diámetro de



perforación, de las propiedades de la roca, de la altura de banco y del grado de fragmentación, desplazamiento y esponjamiento del material. Se conocen muchas fórmulas de diseño de la piedra que tienen en cuenta uno o varios de los factores indicados, pero casi todas dan valores teóricos que se encuentran comprendidos en el rango de 25 a 40D, dependiendo sobre todo de las propiedades del macizo rocoso.

En cuanto al espaciado, normalmente se calcula a partir del valor de la piedra, habiéndose comprobado experimentalmente que los valores óptimos, desde el punto de vista de la fragmentación y efectos del arranque, se encuentran entre 1,1 y 1,4B, pudiendo incluso llegar hasta 1,8 en voladuras multifilas, dependiendo de si son esquemas rectangulares o al tresbolillo.

Una fórmula de cálculo interesante es la que tiene en cuenta además de la dimensión de la piedra la altura de banco, así cuando  $H < 4B$  la expresión es la siguiente:

$$S = (B * H)^{1/2}$$

En las voladuras en zanja se estos parámetros están determinados por las dimensiones de la sección de la misma y por el número de filas, en especial el espaciado entre filas.

### **6.7. Esquemas de perforación y configuración de las voladuras**

Muchos operadores actualmente perforan esquemas cuadrados o rectangulares, debido fundamentalmente a la sencillez en el replanteo de las pegadas. En esta obra, se utilizará tanto el esquema rectangular como la tresbolillo, que se ajustará en cada caso a la configuración geométrica del hueco a excavar y del resultado conseguido en las voladuras, con  $S > B$  para las voladuras a media ladera.

El tamaño de las voladuras está limitado fundamentalmente por las necesidades de producción, y en algunos casos por las cargas máximas operantes calculadas en los estudios de vibraciones, a partir de las leyes de propagación y umbrales de daños adoptados.

Las voladuras multifilas en banco dan en general mejores resultados de fragmentación y menores de costes de producción que las voladuras de una sola fila de barrenos. Por el contrario, los inconvenientes que suele plantear son los de sobreexcavación y vibraciones, derivados del mayor confinamiento de las cargas. En cuanto a la configuración geométrica, con el fin de impedir el correcto desplazamiento de la roca durante el proceso de fragmentación de esta, se recomienda que como mínimo la relación entre la longitud del frente LV y la anchura de la voladura AV sea LV/AV mayor que 3.

Obviamente, esta relación está también condicionada por las dimensiones de la excavación en los diferentes desmontes de la traza y la propia topografía en cada uno de los tramos.

## **7. TIPOS DE EXPLOSIVOS Y SISTEMA DE CEBADO**

### **7.1. Explosivos seleccionados**

La elección de un explosivo para una operación determinada requiere una cuidadosa atención tanto de las propiedades de las rocas que se desean fragmentar como de los explosivos

disponibles en el mercado.

Cuando se arrancan rocas masivas donde casi toda la superficie específica del material se crea en la voladura, los explosivos adecuados son los de mayor Potencia y Velocidad de Detonación y, por consiguiente, con una alta Presión de Barreno PB. En rocas intensamente fracturadas o estratificadas en las que la superficie total de las discontinuidades representa un área relativamente mayor que la que se crea en la voladura, los explosivos de baja densidad y baja velocidad de detonación son los de mayor eficiencia técnica.

Pero, además del proceso de fragmentación, interesa que en las voladuras se disponga de suficiente energía para el esponjamiento y desplazamiento del material con el fin de que la operación de carga se lleve a cabo con los mejores rendimientos. Debe pues determinarse en cada caso el equilibrio óptimo entre la Energía de Tensión ET y la llamada Energía de Burbuja o Energía de los Gases EB.

Teniendo en cuenta lo anterior, los explosivos recomendables para realizar las voladuras son la **RIODIN HE** o el **Riogel Troner**, como carga de fondo y la **RIOXAM o ANFO**, como carga de columna, cuyas características técnicas de acuerdo al catálogo de MAXAM, S .A. U. son las siguientes:

#### **RIODIN HE**

○ Densidad de encartuchado...	1,48 g/cm <sup>3</sup>
○ Velocidad de detonación....	5.300 m/s
○ Calor de explosión.....	4.09 MJ/kg
○ RWS.....	104
○ RBS.....	193
○ Presión de detonación...	20.4 GPa
○ Volumen de gases.....	891 l/kg
○ Resistencia al agua.....	Excelente

#### **RIOGEL TRONER**

○ Densidad de encartuchado...	1,25 g/cm <sup>3</sup>
○ Velocidad de detonación....	5.500 m/s
○ Calor de explosión.....	3.43 MJ/kg
○ RWS.....	108
○ RBS.....	169
○ Presión de detonación...	13.0 GPa
○ Volumen de gases.....	932 l/kg
○ Resistencia al agua.....	Excelente

#### **RIOXAM (ANFO)**

○ Densidad de encartuchado...	0.80 g/cm <sup>3</sup>
○ Velocidad de detonación....	3.000 m/s
○ Calor de explosión.....	3.92 MJ/kg
○ Presión de detonación...	6.4 GPa
○ Volumen de gases.....	975 l/kg
○ Resistencia al agua.....	Mala

La comparación entre el Riodín HE y el Riogel-Troner se puede establecer en diferentes aspectos. Unos de ellos, el estrictamente técnico, basado en las características principales, como son de potencia relativa (RBS), densidad, velocidad de detonación, presión y calor de explosión, que son mejores en el Riodín. Esto se traduce, por un lado, en una mayor liberación de energía en el proceso de detonación, siendo la componente principal la energía de la onda de choque o energía de tensión frente a la energía de los gases o energía de burbuja, lo cual interesa en rocas muy compactas y cristalinas, pero no en rocas de densidad media e intensamente fracturadas, ya que el rendimiento energético en estas últimas será menos al dispersarse en dichas discontinuidades una buena parte de la energía.

Por otro lado, al poseer Riodín HE una mayor densidad significa que en caso de estar los barrenos llenos de agua será más fácil la carga y, además, se dispondrá de una mayor concentración de energía por volumen. En algunos casos podrá sustituirse Riodín HE por Riogel como carga de fondo, si las condiciones resistentes de la roca así lo permiten.

El ANFO utilizado como carga de columna, cuando existan coqueras, se empleará encartuchado con espaciado inerte en zona de coquera, empleando cordón detonante de bajo gramaje para mantener la continuidad de la detonación en el barreno.

Podría darse el empleo de otros explosivos de características similares, suministrados por otros fabricantes, siendo este razonamiento extrapolable en la comparación de diferentes alternativas para la carga de fondo

## **7.2. Sistema de cebado**

Para la voladura de destroza, donde no es previsible el atranque de cartuchos, se recomienda el cebado de los barrenos en fondo, con detonador no eléctrico. En este caso el detonador sería iniciado por medio de conectores de superficie tipo RIONELSCX, PRIMADET EZTL o similar. También podría iniciarse por medio de detonador eléctrico en cabeza, adosado al cordón detonante que se unirá al cartucho de fondo de barreno, ya que no hay limitación para el encendido eléctrico (distancia a las líneas eléctricas superior a los 200 m).

El primer cartucho que se introduce en el fondo llevara insertado bien el detonador, con el fondo del mismo en el sentido ascendente del barreno, bien el cordón detonante quedando el tubo de aquel o el cordón a lo largo de la caña del barreno y en la superficie se conectarán en circuito en serie con el resto de los detonadores de la voladura.

## **8. SECUENCIAS DE INICIACIÓN Y TIEMPOS DE RETARDO**

Las secuencias de iniciación afectan radicalmente a los valores efectivos de la piedra y espaciado, que son los que posee cada carga en el momento de su detonación. En las voladuras con varios barrenos la secuencia de salida debe ser tal que cada carga individual disponga de un amplio frente libre próximo y preferiblemente convexo.

En lo referente a los tiempos de retardo de los barrenos, estos deben ser mínimos si se desea conseguir un proceso de fragmentación óptimo y evitar proyecciones. Así pues, el tiempo de retardo de los detonadores comercializados en España de 25 ms se adapta bien a las



necesidades expuestas: Para reducir la serie empleada y disponer de los mismos números de detonadores para todos los tipos de perforación y encendido en algunos casos dos o más barrenos presentan el mismo número de salida, si no hay restricciones a causa de la vibraciones.

## 9. RESULTADOS DEL DISEÑO DE LAS VOLADURAS

Como se ha indicado anteriormente, e intentando mantener un equilibrio entre todas las variables de diseño y los equipos que se utilizarán en los trabajos de perforación, carga y transporte los valores de longitud máxima de perforación banco y diámetro de perforación a aplicar serán:

Longitud máxima de perforación: 9,05 m

Diámetro de perforación de 76,2 a 88,9mm. (3" a 3,5"), en la destroza

En cuanto a la ejecución de los barrenos, los equipos de perforación que serán utilizados son carros autopropulsados sobre orugas con compresor montado a bordo. En este caso, dada las alturas de banco y diámetros de perforación, se aconseja perforadoras de martillo en cabeza.

### 9.1. Voladuras de destroza para excavación

La aplicación de los criterios de diseño anteriormente descritos y de los métodos de cálculo aceptados en este tipo de trabajos conduce a los resultados de las tablas adjunta. Se propone tres alturas de banco diferentes para adaptarse a la topografía y a los límites de carga operante en zonas próximas a edificios. En la tabla se contempla el uso de **RIODIN HE** en cartuchos de 50\*380 y 60\*530 mm., como carga de fondo con un peso de 1050 y 2.300 gr. por unidad, para alturas de banco de 3 m y de 60\*620 mm en los de 6 y 10 m.

VARIABLE DE DISEÑO	ALTURA DE EXCAVACIÓN (m)		
	10	6	3
Piedra (m)	2,75	2	1,75
Espaciamiento (m)	3,5	2,5	2,25
Inclinación (°)	5	5	5
Sobreperforación (m)	1	0,65	0,35
Retacado (m)	2,25	1,75	1,75
Longitud de barreno (m)	11,5	5,65	3,4
Volumen arrancado (m <sup>3</sup> )	96,25	30	11,8125
Carga de fondo	4,6	4,6	2,1
Longitud carga de fondo (m)	1	1	0,76
Longitud carga de columna (m)	8,25	2,9	0,89
Carga de columna Nagolita (Kg.)	43,31	11,31	3,47
Carga total (Kg.)	47,91	15,91	5,57
Consumo específico (gr./m <sup>3</sup> )	0,50	0,53	0,47
Rendimiento de arranque (m <sup>3</sup> /m)	8,37	5,31	3,47



En el plano nº 6 se muestra esquemáticamente la disposición tipo de una voladura, detalle de la carga de los barrenos y una posible secuenciación. En cuanto al tamaño de las voladuras, y consecuentemente el número de barrenos en cada una de ellas, se dimensionarán en cada caso de acuerdo a las condiciones topográficas y del entorno de la obra y las necesidades de la obra.

En función de los criterios expuestos en el capítulo 7, un tiempo de retardo entre barrenos de una misma fila de 25 ms. es idóneo para obtener una buena fragmentación, a la vez que permite mantener las cargas operantes a niveles bajos para disminuir el nivel de vibraciones. En lo que se refiere al tiempo de retardo entre filas éste se recomienda que sea de 2 a 3 veces el tiempo de retardo entre barrenos con vistas a conseguir un buen esponjamiento y desplazamiento de la roca. La configuración de las voladuras debe ser, siempre que sea posible, tal que presente relaciones entre longitud de frente/profundidad de la pega del orden, al menos, de 3 a 1.

En lo referente a la planificación de los trabajos, la excavación se llevará a cabo al inicio en un único banco, que tendrá generalmente una altura variable, y a medida que se avance hacia la zona de excavación, en algunas zonas de alturas superiores a 12 m., se podría abrir un segundo banco, con objeto de reducir la altura de banco y así reducir la carga por barreno.

La orientación de los frentes de las pegas se dispondrá siempre con una dirección perpendicular al eje más largo de la excavación de vaciado, siendo la salida de las voladuras paralela al mismo, de esta manera se conseguirá que las posibles proyecciones de rocas se mantengan fuera de la zona a proteger.

Desde un punto de vista práctico, en la ejecución de las voladuras de destroza deben adoptarse diversas precauciones. Una medida importante es efectuar la retirada previa de todos los materiales de recubrimiento, con el fin de que los barrenos de toda la pega se perforen en roca y se evite así el riesgo de proyecciones.

Con el fin de no disminuir la resistencia del pie del talud, lo cual afectaría considerablemente a la estabilidad general, se recomienda:

- Los barrenos de las hileras más próximas se dispondrán y cargarán teniendo muy en cuenta el posible daño en el pie del talud. Se pondrá especial atención en la carga de fondo y en la longitud total. Su fondo en el banco inferior no rebasará la profundidad del pie de la excavación en más de 50 cm.
- Los repiés localizados serán eliminados por medios mecánicos o por perforación y voladura, respetando siempre el criterio de mínimo daño a la roca remanente como ya se ha comentado.
- La excavación por voladura de cunetas cercanas al pie del talud se realizará, si se utilizan explosivos, vigilando especialmente que las cargas de los barrenos y su secuencia de encendido sean las idóneas para no producir agrietamientos suplementarios al pie del talud.

## **9.2. Diseño del circuito en la pega eléctrica y dimensionado del explosor**

De acuerdo con la legislación vigente (Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, I.T.C. 10.3.01) revisada en fecha 16 de agosto de 1.994, en las cercanías de líneas de tensión superior a 60 KV debe respetarse una distancia de seguridad de 200 metros con respecto a las mismas para el disparo de pegas eléctricas.

Por ello, se propone en principio el empleo de detonadores no eléctricos tipo RIONEL.

No obstante, en los casos en que esta distancia es inferior a la indicada, la utilización del encendido eléctrico, precisa de un estudio preliminar que garantice la no existencia de riesgos, tanto por posibles derivaciones de corrientes existentes, como por generación de corrientes inducidas sobre el circuito de voladura por variación del flujo magnético producido por elementos generadores próximos al mismo.

Por ello, los detonadores del tipo RIONEL podrían ser sustituidos por detonadores eléctricos del tipo AI, si del resultado del estudio de corrientes erráticas e inducidas se puede concluir que su uso es seguro, lo que suele ser habitual en la mayoría de los casos estudiados.

En consecuencia, dado que se aconseja en principio el empleo de detonadores no eléctricos sólo se va a emplear un detonador eléctrico para la iniciación del primer conector de superficie no eléctrico EZTL o el cordón detonante de la línea maestra, conectándose directamente al explosor, por medio de una línea de tiro.

La resistencia total teórica, que se conocerá previamente a su lectura en el óhmetro, y que deberá coincidir con la real medida será:

$$RT = RL + N * RP + 2 m * N * 0,065$$

donde:

- RT = Resistencia total del circuito
- RL = Resistencia de la línea de tiro
- N = Número de detonadores
- RP = Resistencia del puente de detonador
- m = Longitud de hilo de detonador
- 0,065 = Resistencia por metro de hilo de detonador.

Consideramos en este caso el uso de un detonador Altamente insensible "AI" con las siguientes características:

- |                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| ○ Resistencia del puente (ohm)      | 0.03 – 0.06 |
| ○ Impulso de encendido (mW.s/ohm)   | 1100-2500   |
| ○ Corriente de seguridad (A)        | 4           |
| ○ Corriente encendido en series (A) | 25          |
| ○ Longitud de hilo de cobre (m)     | 2           |
| ○ Resistencia del hilo (ohm/m)      | 0,065       |

y una línea de tiro con una resistencia total de 5 ohms, resulta que para esta voladura con un detonador la resistencia total del circuito es

$$RT = 5 + 1 * 0.06 + 2 * 2 * 0,065 = 5,32 \text{ ohmios.}$$

Para su iniciación sería suficiente un explosor, modelo Nitro Nobel CI-15 VA con las siguientes características:

- Capacidad 112 microF
- Tensión en bornes 600 V
- Tiempo de descarga 5 ms

se puede comprobar la validez del mismo, el impulso de encendido suministrado y el factor de seguridad resultante:

- Resistencia total del circuito (ohm) 5,32
- Energía total disponible en el explosor (J) 20,26
- Energía suministrada al circuito (J) 20,15
- Intensidad efectiva (A) 27,52
- Impulso de encendido (mW.s/ohm) 3789
- Factor de seguridad 1,51

De esta manera se demuestra que la iniciación será efectiva, evitándose así el riesgo de fallos.

Para la iniciación con detonadores eléctricos consideramos el caso más desfavorable de una voladura con cuatro series completas (4 \*24) de detonadores altamente insensibles "AI" y una línea de tiro con una resistencia total de 5 ohms, resulta que la resistencia total del circuito es

$$R_T = 5 + 96 \times (0.05 + 2 \times 5 \times 0,065) = 72,2 \text{ ohm.}$$

De acuerdo con las características de los explosores disponibles en el mercado y de programas informáticos que permiten el cálculo del factor de seguridad podríamos emplear los explosores siguientes:

#### **EXPLOSOR ZEB-HU 160**

- Capacidad (microf.) 80
- Tensión (V) 3000
- Energía total disponible en el explosor (J) 360
- Energía suministrada al circuito (J) 296.26
- Resistencia total del circuito (ohm) 72.2
- Intensidad efectiva (A) 28.64
- Impulso de encendido (mW.s/ohm ) 4103.33
- Factor de seguridad 1.64

#### **EXPLOSOR CI-330 VA**

- Capacidad (microf.) 205
- Tensión (V) 2150
- Energía total disponible en el explosor (J) 473,80
- Resistencia total del circuito (ohm) 72,2
- Energía suministrada al circuito (J) 232,71
- Intensidad efectiva (A) 25,38
- Impulso de encendido (mW.s/ohm) 3323,22
- Factor de seguridad 1.28

Por lo tanto en las condiciones más exigentes de resistencia del circuito de voladura los explosores propuestos tienen capacidad suficiente para la iniciación de la voladura.

Para la comprobación de los circuitos eléctricos se empleará un óhmetro homologado.

### **9.3 Estimación del tamaño de las voladuras a ejecutar**

De acuerdo con lo indicado para adaptarse a la topografía de las diferentes zonas de voladura y mantener la carga operante de la voladura por debajo de los valores que la Norma UNE 22-381-93 establece en función de la distancia a los edificios a proteger.

#### **9.3.1 Voladura en banco de hasta 3 m. de altura.**

Con el empleo del sistema de encendido no eléctrico **PRIMADET EZDET/RIONEL DDX** y los conectadores de superficie **EZTL/SCX** se proponen voladuras de 5 a 6 filas y hasta 30 barrenos por fila sin que se alcancen valores de carga operante que superen los valores admisibles por la Norma UNE. Por lo tanto la carga por voladura sería:

$$Q = 6 * 30 * 5,57 = 1.002,6 \text{ Kg.}$$

Con el fin de permitir ajustes durante la ejecución de las voladuras se incrementa esta cantidad un 10%, con lo que la cantidad de explosivo por voladura sería de 1.100 Kg.

#### **9.3.2 Voladura en banco de 3 a 6 m. de altura.**

Con el empleo del sistema de encendido no eléctrico **PRIMADET EZDET/RIONEL DDX** y los conectadores de superficie **EZTL/SCX** se pueden conseguir voladuras de 5 filas y 25 barrenos por fila sin que se alcancen valores de carga operante que superen los valores admisibles por la Norma UNE. Por lo tanto la carga por voladura sería:

$$Q = 4 * 30 * 15,91 = 1.909,20 \text{ Kg.}$$

Con el fin de permitir ajustes durante la ejecución de las voladuras se incrementa esta cantidad un 10%, con lo que la cantidad de explosivo por voladura sería de 2.100 Kg.

#### **9.3.3 Voladura en banco de más de 6 m. de altura.**

A aplicar en el resto de zonas sin restricciones de topografía o de proximidad a viviendas. La carga por barreno será de 39,82 Kg. por barreno.

Con el empleo del sistema de encendido no eléctrico **PRIMADET EZDET/RIONEL DDX** y los conectadores de superficie **EZTL/SCX** se pueden conseguir voladuras de 4 filas y 10 barrenos por fila sin que haya repetición de los tiempos de los barrenos. Por lo tanto la carga por voladura sería:

$$Q = 4 * 15 * 47,91 = 2.874,60 \text{ Kg.}$$

Con el fin de permitir ajustes durante la ejecución de las voladuras se incrementa esta cantidad un 10%, con lo que la cantidad de explosivo por voladura sería de 3.175 Kg.

En todo caso en una misma voladura podría combinarse barrenos de los tres tipos de mallas alturs de banco, diámetros y malla de perforación,

## 10. MEDIDAS PARA REALIZAR VOLADURAS EN LA PROXIMIDAD DE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y ESTACIONES TRANSFORMADORAS

Conforme a lo dispuesto en la Orden de 29 de Julio de 1994 por la que se modifica la ITC 10.3.01. "Explosivos. Voladuras especiales" en el caso de efectuar los trabajos de voladura con pega eléctrica en la proximidad de líneas o estaciones transformadoras se respetarán las distancias de seguridad que se indican a continuación en función de la tensión:

**TABLA 10.1.**

Tensión de línea (V)	Distancia (m)
Hasta 1.000	10
De 1.000 a 6.000	20
De 6.000 a 11.000	50
De 11.000 a 60.000	100
Más de 60.000	200
Líneas ferrocarril electrificadas a cualquier tensión	300

En los casos en los que la distancia prevista entre la voladura y las líneas eléctricas sea inferior a las indicadas, para la utilización del encendido eléctrico se precisará un estudio preliminar que justifique la no existencia de riesgos, tanto por derivaciones de corriente, como por inducción de corrientes sobre el circuito de voladura.

En la zona de voladura no se aprecia la existencia de líneas eléctricas a distancias menores que las indicadas, por lo que no existe restricción para el empleo de detonadores eléctricos de cualquier tipo.

No obstante por razones de seguridad y mayor facilidad de manejo, conexión secuenciación y comprobación, se recomienda el empleo de detonadores no eléctricos del tipo **PRIMADET** o **RIONEL MS**, secuenciados en superficie por conectadores **EZTL** ( o **RIONEL SCX**), o el sistema **PRIMADET EZDET +EZTL** (o **RIONEL DDX y SCX**).

Para la iniciación del primer tubo de los detonadores no eléctricos se considera que el empleo de un detonador eléctrico de tipo insensible da un margen de seguridad suficiente. En efecto, la corriente de seguridad (intensidad de corriente que circulando por el detonador durante cinco minutos no produce su ignición) para este tipo de detonadores es de 0,45 A y la corriente de encendido recomendada por el fabricante es de 2,5 A.

Para garantizar la no iniciación del detonador, aparte de las precauciones normales para este tipo de pega, recomendamos las siguientes medidas de seguridad:

- Mantener la línea de tiro pegada al suelo lo máximo posible, evitando que queden

tramos suspendidos en el aire, pero asegurándose de que no hay derivaciones de corriente por mal estado del recubrimiento aislante de los hilos (la línea volante de tiro no podrá utilizarse más que una sola vez).

- Perfecto aislamiento de las conexiones de los hilos de los detonadores entre sí y con la línea de tiro mediante conectores especiales o cinta aislante.
- Mantener los detonadores cortocircuitados hasta el momento de su colocación.
- Mantener cortocircuitada la línea de tiro hasta el momento del disparo.
- Evitar que los extremos desnudos de la línea de tiro o de los cables de los detonadores toquen el terreno, tuberías, raíles o cualquier otra masa metálica presente.
- Desconectar las radioemisoras y teléfonos portátiles durante las labores de carga de la voladura.
- Si se produjese una tormenta durante la operación de carga, suspenda la misma, cortocircuite los extremos de los hilos que estén libres y abandone el frente hasta que termine el fenómeno meteorológico.

## **11.- MEDIDAS PARA CONTROLAR Y REDUCIR LAS VIBRACIONES EN LAS VOLADURAS**

Con el fin de garantizar que los trabajos de arranque con explosivos se van a efectuar siguiendo la legislación vigente en cuanto a vibraciones, la norma UNE 22-381-93 (Control de vibraciones producidas por voladuras), en este apartado se analizarán las condiciones en las que se encuentran los diferentes desmontes e instalaciones en el entorno próximo. En primer lugar se hace una breve descripción de la norma.

El nivel de seguridad es función de la velocidad pico de partícula, de la frecuencia principal y del grupo donde quede clasificada la estructura considerada, según la clasificación dada en el capítulo 3 de la Norma. La mencionada clasificación del tipo de estructuras es la siguiente:

- Grupo I: Edificios y naves industriales ligeras con estructuras de hormigón armado o metálicas.
- Grupo II: Edificios de viviendas, oficinas, centros comerciales y de recreo. Estructuras de valor arqueológico o histórico que por su naturaleza no presenten especial sensibilidad a las vibraciones.
- Grupo III: Estructuras de valor arqueológico o histórico que por su naturaleza presenten especial sensibilidad a las vibraciones.

En la siguiente tabla se indican los límites del criterio de prevención de daños:

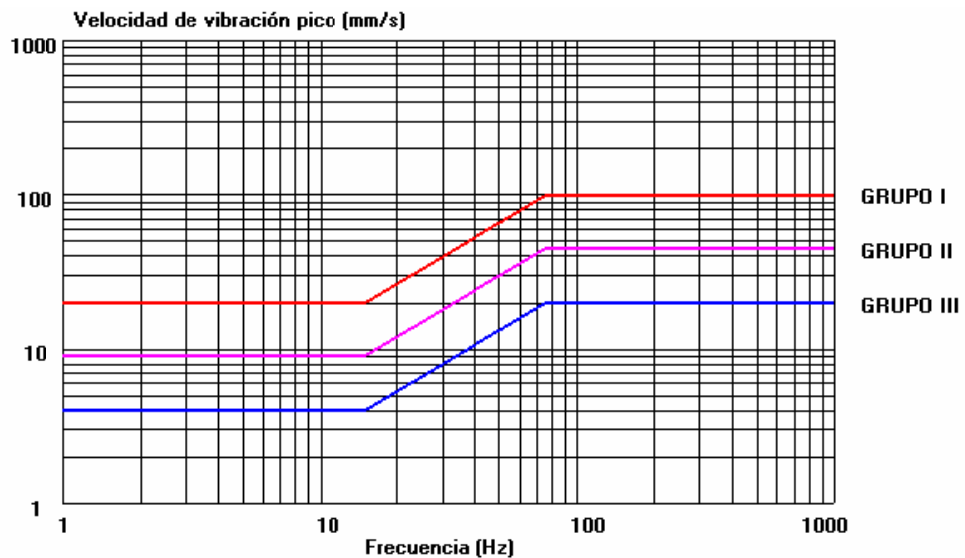
**TABLA 11.1**

	Frecuencia Hz		
	2-15	15-75	> 75
	<b>Velocidad</b> <b>mm./s</b>	<b>Desplaza.</b> <b>mm.</b>	<b>Velocidad</b> <b>mm.s</b>
Grupo I	20	0,212	100
Grupo II	9	0,095	45
Grupo III	4	0,042	20

En los tramos de frecuencia comprendida entre **15 y 75 Hz.**, se podrá calcular la velocidad equivalente (v) a través de la ecuación:

$$V = 2 * 3,1416 * f * d$$

siendo f, la frecuencia y d, el desplazamiento admisible indicado en la tabla anterior. El estudio requerido es función del tipo de trabajo, de la estructura a preservar, del tipo de terreno, de la distancia existente entre la voladura y la estructura y de la carga máxima de explosivo a detonar instantáneamente o carga por secuencia. En la figura siguiente se representa gráficamente el criterio de prevención de daños.



*FIGURA 11.1 Criterio de prevención de Daños de la Norma UNE.*

En función del grupo de estructura y del tipo de macizo rocoso se corrige la carga instantánea (Q) según la siguiente fórmula:

$$Q_r = F_r * F_e * Q$$

dónde  $F_r$  es la corrección por el macizo rocoso y  $F_e$  la corrección por el tipo de estructura. Los

valores de  $F_e$  son los siguientes:

**TABLA 11.2**

	$F_e$
Estructura Grupo I	0,28
Estructura Grupo II	1
Estructura Grupo III	3,57

Los valores de  $F_r$  son:

**TABLA 11.3**

	$F_r$
Duro (velocidad sísmica > 4.000)m/s	0,40
Medio (de 2.000 a 4.000 m/s)	1
Blando (> 2.000 m/s)	2,52

En nuestro caso la roca es una granodiorita, que podemos considerar como de dureza alta, tomaremos el valor  $F_r=0,40$ .

Con el valor de la carga corregida y de la distancia se entra en la gráfica de la figura 5 de la Norma UNE 22381 y obtenemos la categoría del estudio requerido.

Si el punto está por encima de la recta B hará falta un estudio de vibraciones, si está entre la recta A y B hará falta un control, y si está por debajo de la recta A solo será necesaria la inclusión en el proyecto de esta justificación.

En el plano de planta de la zona de voladura (plano 4) se ha determinado las distancia mínima de la zona de voladuras a las viviendas más próximas, situadas al SE de la Autovía AG-55, cuya distancia mínima es del orden de 152 m. y al SW en las inmediaciones del Parque Empresarial en la zona próxima a las parcelas denominadas L-04 y L-05, cuya distancia mínima es del orden de 275 m.

En la tabla siguiente se indican para estos puntos los valores de carga real admisible según el tipo de estudio de acuerdo con la norma UNE, considerando que el granito tiene un coeficiente de carga corregida de 0,4 y las areniscas un coeficiente 1.:



TABLA 11.4

	Edificios próximos	Distancia (m)	Coeficiente de carga corregida	Carga real admisible según categoría del estudio (Kg.)		Carga máx por barreno. (Kg.)	Carga corregida
				Proyecto tipo	Control de vibraciones		
1. Zona sureste de la parcela, pk 280	Vivienda al otro lado de la AG -55	154	0.4	< 54,83	<316,37	15,91	6,37
2. Zona sureste de la parcela, pk 360	Vivienda al otro lado de la AG -55	155	0.4	< 55,42	<308,21	15,91	6,37
3. Zona al sureste de la parcela, pk 250 a 340	Vivienda situada la Suroeste del P.E.	275	0,4	< 174,84	<1008,54	15,91	6,37

Tanto el punto 2 correspondiente a la situación más desfavorable (152 m, 6,37 Kg.) como los otros dos, se encuentran por debajo de la recta A, que corresponde a la categoría de Proyecto tipo tal como se observa en la figura siguiente.

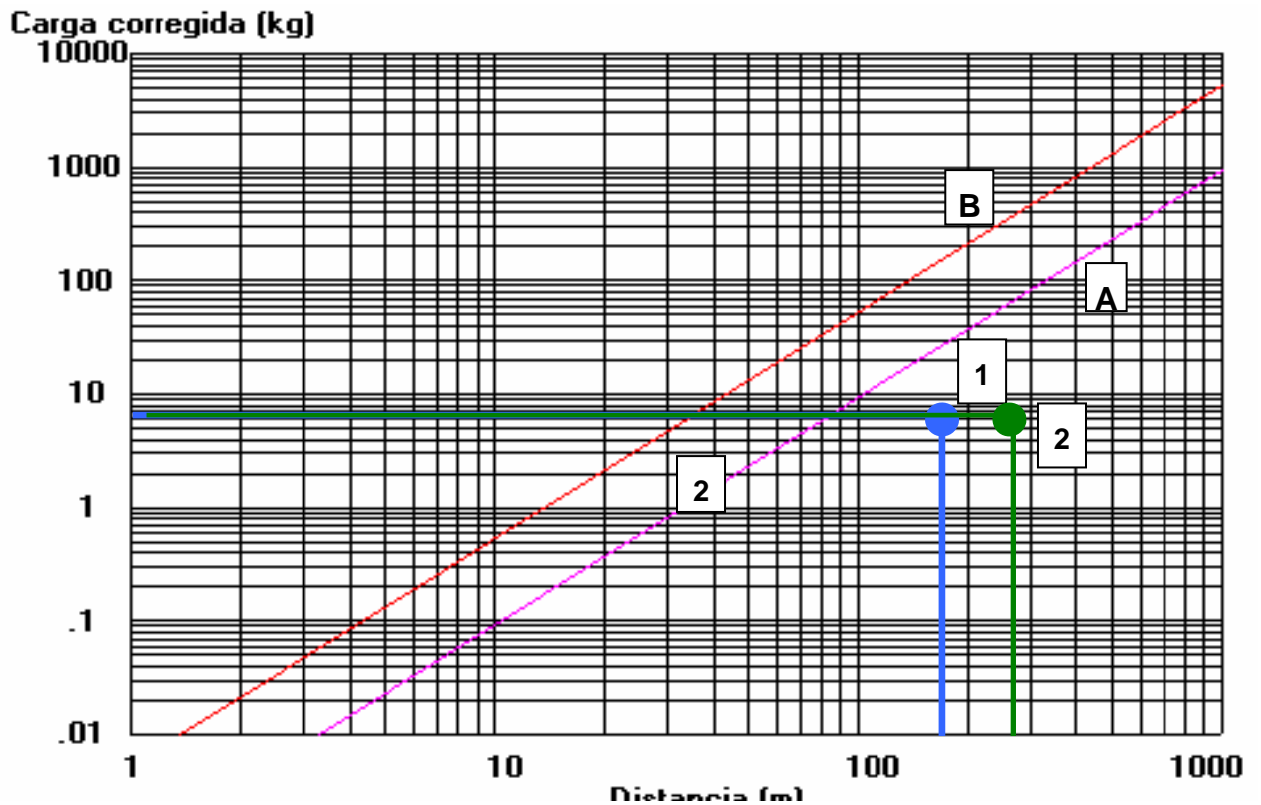


Figura 11.2 Gráfica para determinación de la categoría del estudio requerido por la Norma UNE

Teniendo en cuenta que la roca a volar es del tipo los dos casos de roca de tipo duro y estructuras del tipo II la tabla carga-distancia para la categoría de Control de Vibraciones para el rango de distancias sería:

Distancia	Límite superior proyecto tipo	Límite superior control vibraciones
145	48,61	280,48
150	52,02	300,15
155	55,55	320,50
160	59,19	341,51
165	62,94	363,18
170	66,82	385,53
175	70,80	408,54
200	92,48	533,60
225	117,04	675,34
250	144,50	833,76
275	174,84	1.008,84
300	208,08	1.200,61

Teniendo en cuenta las cargas por barrenos definidas en el apartado 9.1, que se resumen en la tabla siguiente, donde se indica además el nº de barrenos (para la distancia más desfavorable) que se podrían repetir para situarse por debajo del valor que limita la categoría “Proyecto Tipo”, que no requiere control de vibraciones, sería:

	ALTURA DE EXCAVACIÓN (m)		
Carga total (Kg.)	47,91	15,91	5,57
Barrenos admisibles para categoría “Proyecto Tipo” en el punto mas desfavorable	1	3	8

Vemos que en general no será exigible realizar control de vibraciones, ya que las voladuras se sitúan a distancias superiores y las cargas por barrenos son inferiores al límite que marca la exigencia de ellos.

Además, teniendo en cuenta que la parcela a excavar está separada de las zona colindantes por la trinchera del vial situado al SE del parque y el escalonamiento del terreno hacia el SW, se atenúan la ondas transmitidas por la superficie, que son la que alcanzan mayores distancias sin amortiguar, se favorece la amortiguamiento de las vibraciones y se minimiza el riesgo de posibles afecciones

No obstante, en las zonas situadas más al Sur de la parcela se realizarán por parte de la Dirección Facultativa controles de vibraciones, durante la ejecución de las voladuras para comprobar los niveles generados y adoptar en su caso las medidas necesarias para garantizar la ausencia de daños a las estructuras, ajustando a la baja si fuera necesario los valores de carga que se indican.

En la medida en que los valores registrados en los controles corroboren o no que las cargas que se indican en la tabla dan valores de vibraciones por debajo de los límites que se establecen como seguros por la Norma UNE, se irán haciendo los ajustes necesarios.

Finalmente se indican las principales medidas que pueden aplicarse para reducir los niveles de vibración transmitidos a través del terreno y que se contemplarán en la realización de los trabajos:

- Reducir las cargas operantes mediante algunos de los sistemas siguientes:
  - Eliminar la repetición de números de la serie de detonadores microrretardo o usar detonadores no eléctricos que tienen un mayor número de retardos.
  - Acortar la longitud de los barrenos reduciendo la altura de banco.
- Supervisar la perforación para que los esquemas geométricos reales coincidan con los proyectados.
- Disponer la secuencia de iniciación de modo que esta progrese desde el extremo más

próximo a la estructura a proteger.

## **12.- MEDIDAS PARA REDUCIR LAS POSIBLES PROYECCIONES EN LAS VOLADURAS Y SUS EFECTOS**

Las proyecciones o lanzamientos de fragmentos de roca procedentes de las voladuras pueden ser de tres tipos:

- Originada en barrenos con sobrecarga.
- Hacia la vertical por la presión de los gases.
- Por descabezamiento de los barrenos, por la detonación de otro con un tiempo de detonación inferior.

Por otro lado, debido a la hipotética presencia de coqueras en la roca se debe incrementar la vigilancia durante la perforación, con el fin de detectar y controlar la presencia de estas y realizar una carga selectiva de los barrenos en los que se haya detectado una coquera.

Las causas más frecuentes de proyecciones indeseadas son la presencia de grietas y zonas localmente debilitadas, una mala disposición del esquema, con zonas de alta concentración de explosivo, o, por último, una secuencia de iniciación inadecuada, con barrenos encerrados o secuencia de encendido excesivamente larga.

En estos barrenos se empleará únicamente explosivo encartuchado y se realizará un retacado intermedio en la zona de coquera. La continuidad de la detonación se asegurará por medio de cordón detonante medio gramaje (12 gr./m).

Para controlar las proyecciones además de utilizar los elementos de protección adecuados deben seguirse las siguientes recomendaciones:

- Perfecto replanteo de los esquemas de perforación, sobre todo en terrenos con perfil irregular.
- Control de las desviaciones y profundidades de los barrenos.
- Comprobación de existencia de coqueras en el macizo rocoso.
- Control de la carga del explosivo y su distribución a lo largo del barreno.
- Ejecución cuidadosa del retacado, midiendo su longitud y empleando el material adecuado.
- Elección de una secuencia de encendido que proporcione una buena salida de la voladura.

Por último, como medida de precaución, se recomienda que el frente de las voladuras se sitúe, siempre que sea posible, paralelo al vial que separa la parcela a excavar de la K-02, con lo que cualquier proyección no controlada hacia el frente quedaría dentro del Parque empresarial y las que pudieran hacia la vertical no progresarían hacia la AG-55, cuyo corte de tráfico debe evitarse, dada a densidad que soporte dicha vía.

Por otro lado, se **desalojara toda la zona situada en un radio de 250 m**, especialmente hacia el frente de la voladura, antes de proceder a la conexión de los detonadores eléctricos y el disparo de la voladura.

### 13. CONSUMO TOTAL DE EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS

De lo expuesto en el apartado 9 y de la experiencia en obras en materiales de similares características se ha confeccionado las siguientes tablas en donde se indican dos alturas de banco así como los volúmenes estimados.

Como se ha dicho, se propone en principio el empleo de detonadores no eléctricos tipo **RIONEL/PRIMADET** o similar.

A continuación se hace una estimación de orden de magnitud del consumo total de explosivo y accesorios que supondrá la realización del proyecto. Las cifras indicadas a continuación podrán variar al conocerse en detalle las condiciones de trabajo durante el desarrollo de la obra.

#### Excavación en granito:

Del total del volumen a excavar en granito, de 318.286,2 m<sup>3</sup> se estima un reparto del volumen total entre las tres alturas de banco propuestas de acuerdo con la siguiente tabla:

Altura	Volumen (m <sup>3</sup> )
3 m	77.803
6 m	155.353
10 m	85.130
<b>TOTAL</b>	<b>318.286</b>

Para estos volúmenes tendríamos un total de consumo teórico de:

CONSUMO DE EXPLOSIVOS EN EXCAVACIÓN	ALTURA DE EXCAVACIÓN (m)			TOTAL
	10	6	3	
Nº de Barrenos	884	5.178	6.587	12.649
m. l. de perforación	10.171	29.258	22.394	61.824
Carga de fondo (Kg.)	4.069	23.821	13.832	41.721
Carga de columna (Kg.)	38.308	58.568	22.862	119.738
Cordón detonante de 12 gr./m	3.560			3.560
Detonadores en barreno (RIONEL MS o similar) ud.	884	5.178	6.587	12.649
Sec. de superficie (RIONEL EZTL o similar) ud.	884	5.178	6.587	12.649
Det. Eléctricos (Iniciación de las voladuras) ud.	44	129	110	283

Para hacer frente a posibles imprevistos durante la ejecución de la voladura se calcula un 10% en exceso con lo que las cantidades totales serían:



<b>CONSUMO TOTAL DE EXPLOSIVOS</b>	<b>TOTAL</b>
Carga de fondo (Riodin) (Kg.)	45.893
Carga de Columna (Nagolita)(Kg.)	131.712
Cordón detonante de 12 gr./m	3.916
Detonadores en barreno (RIONEL MS) ud.	13.914
Sec. de superficie (RIONEL EZTL) ud.	13.914
Detonadores RIODET AI (uds.)	312

## **II.- PRESUPUESTO**

En base a los cálculos realizados y resumidos en el apartado 13, así como al coste de los explosivos y accesorios utilizados llegamos al siguiente coste total de ejecución material de las voladuras:

CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO (€/ud.)	COSTE TOTAL (€)
RIODIN HE (Kg.)	41.721	2,58	107.640,36
RIOGEL TRONER (Kg)	23.948	2,38	56.995,44
ANFO (Kg.)	95.791	0,86	82.379,97
Cordón detonante de 12 gr./m	3.560	0,41	1.459,59
Detonadores No electricos tipo MS ud.	12.649	3,58	45.284,98
Secuenciadores RIONEL EZTL ud.	12.649	2,54	32.129,56
Det. eléctricos (Iniciación voladuras) ud.	270	1,38	372,60
MI de perforación	61.824	5,50	340.030,47
Carga y disparo de voladura. Horas de artillero y ayudantes	1.128	23,65	26.677,20
<b>COSTE TOTAL DE LAS VOLADURAS</b>			<b>692.970,17</b>

Asciende el presupuesto total de las voladuras a **SEISCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL NOVECIENTOS SETENTA CON DIECISIETE CENTIMOS.**

Oviedo, 11 de mayo de 2017

**EL INGENIERO DE MINAS**

**Fdo: Cristóbal Lombardía Fernández**

**Colegiado n ° 1072 Noroeste**



### **III. -PLANOS:**

1.- SITUACIÓN GENERAL DE LA OBRA.

2.- PLANTA Y SITUACIÓN DE LA PARCELA DENTRO DEL PARQUE. TOPOGRAFÍA ACTUAL.

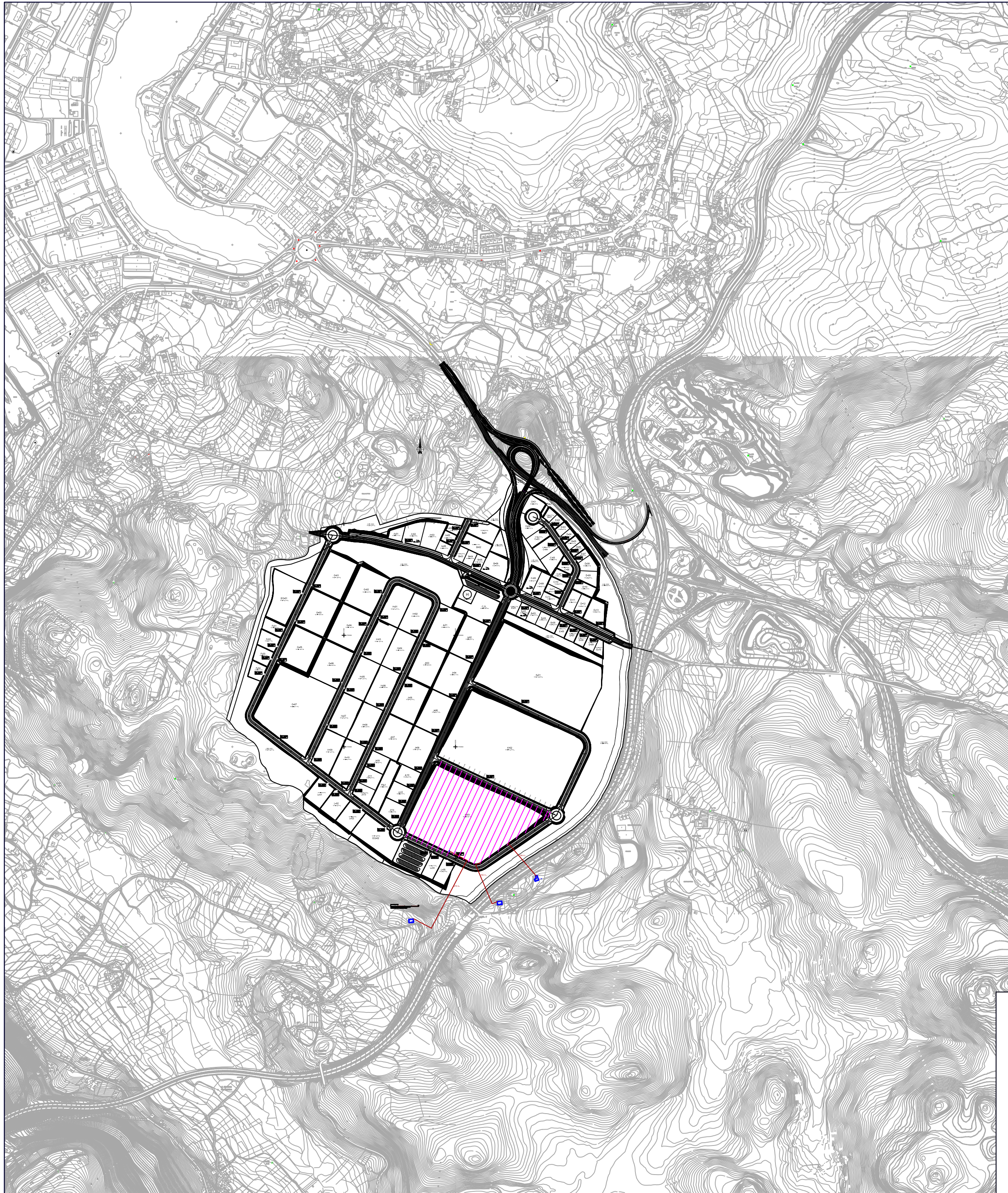
3.- PLANTA Y SITUACIÓN DE LA PARCELA DENTRO DEL PARQUE. ESTADO FINAL PREVISTO

4- PLANTA DE LA ZONA DE VOLADURA. ELEMENTOS DE AFECCIÓN. SITUACIÓN Y DISTANCIAS A VIVIENDAS MÁS PRÓXIMAS

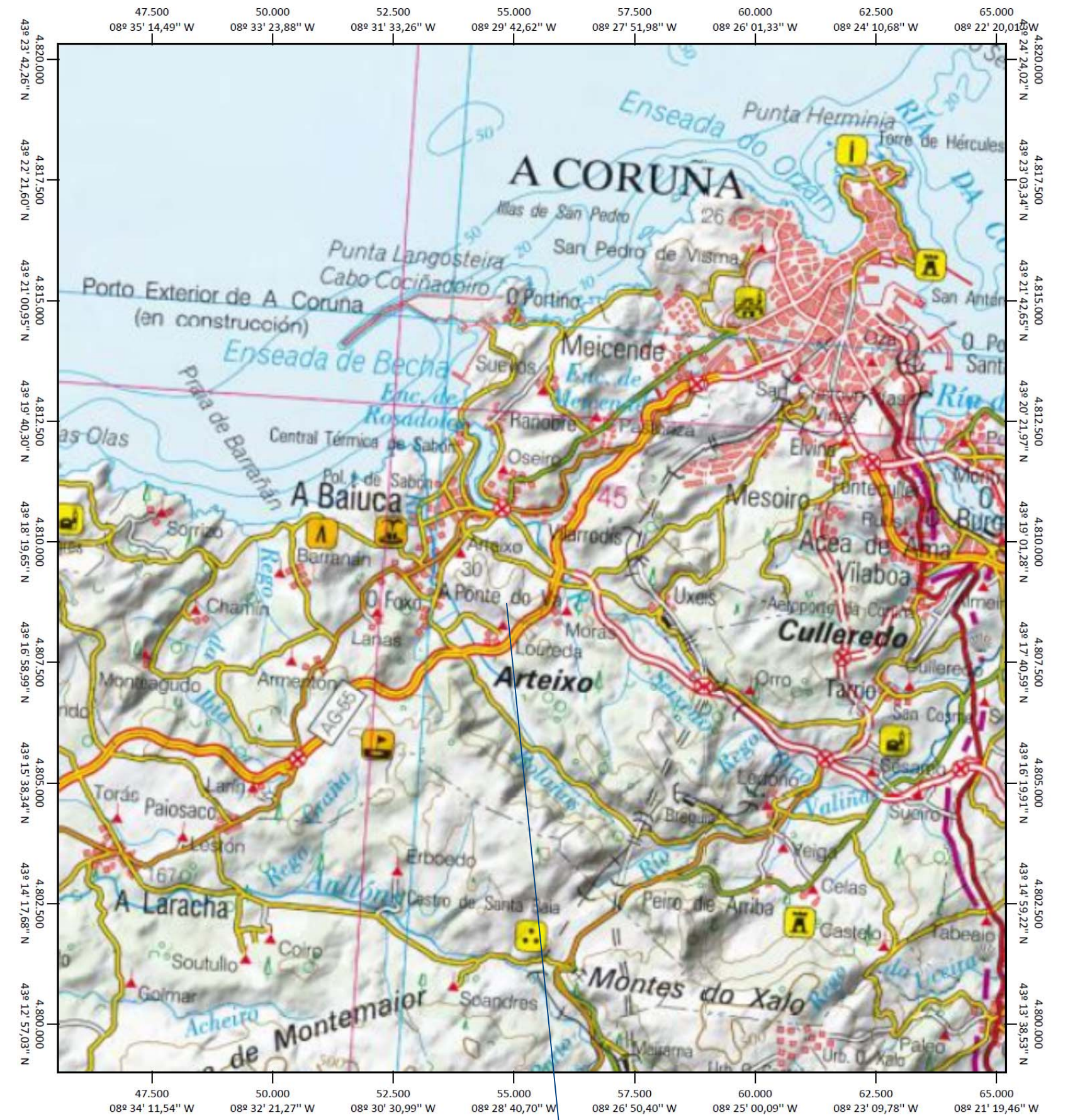
5.1 A 5.3. PERFILES TRANSVERSALES DE LAS EXCAVACIONES POR VOLADURA

6.- ESQUEMA DE SECUENCIACIÓN. DETALLE DE LOS BARRENOS





ESCALA . 1: 20.000

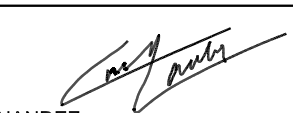


SIN ESCALA

PARQUE EMPRESARIAL DE ARTEIXO. MORAS

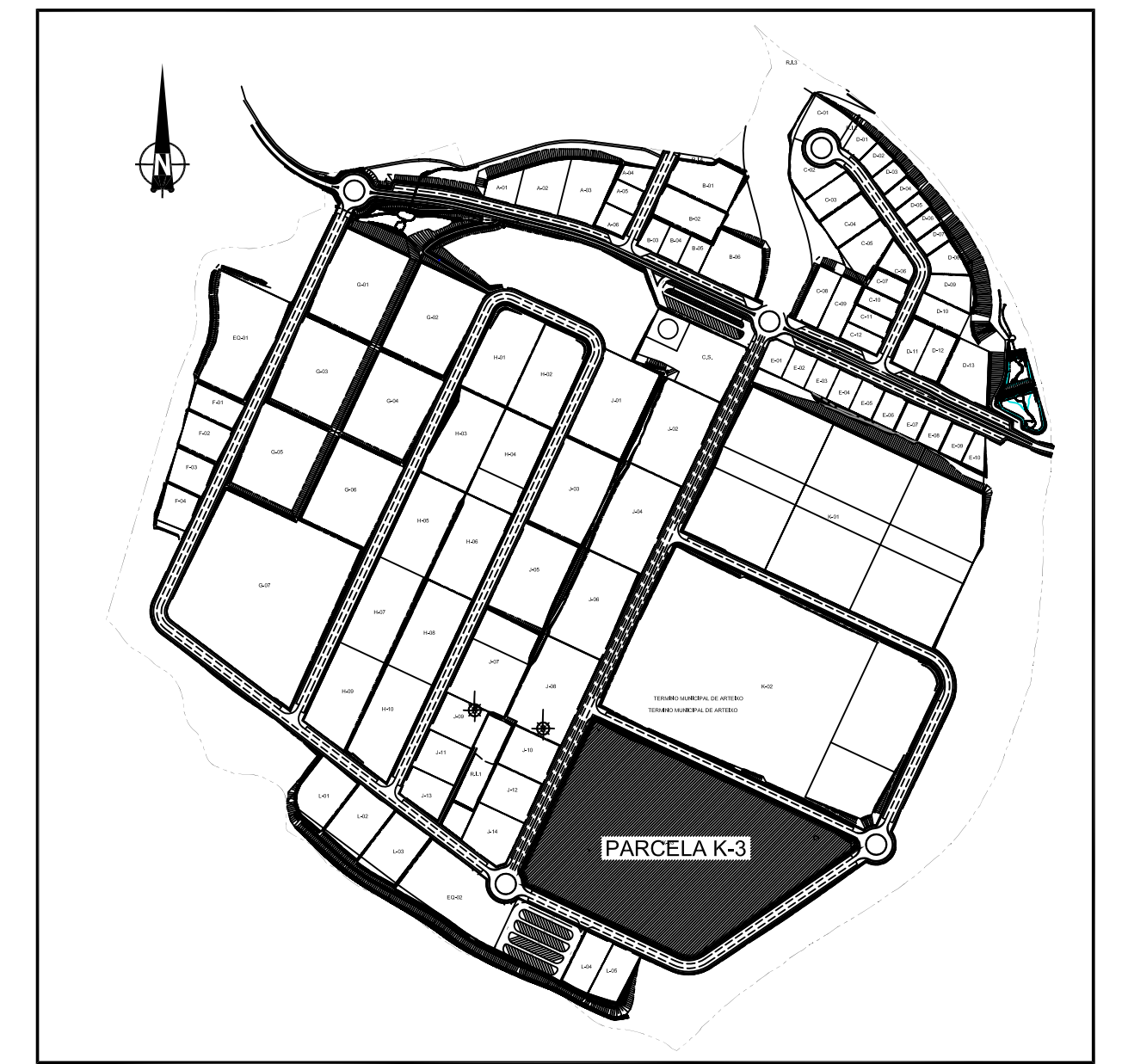
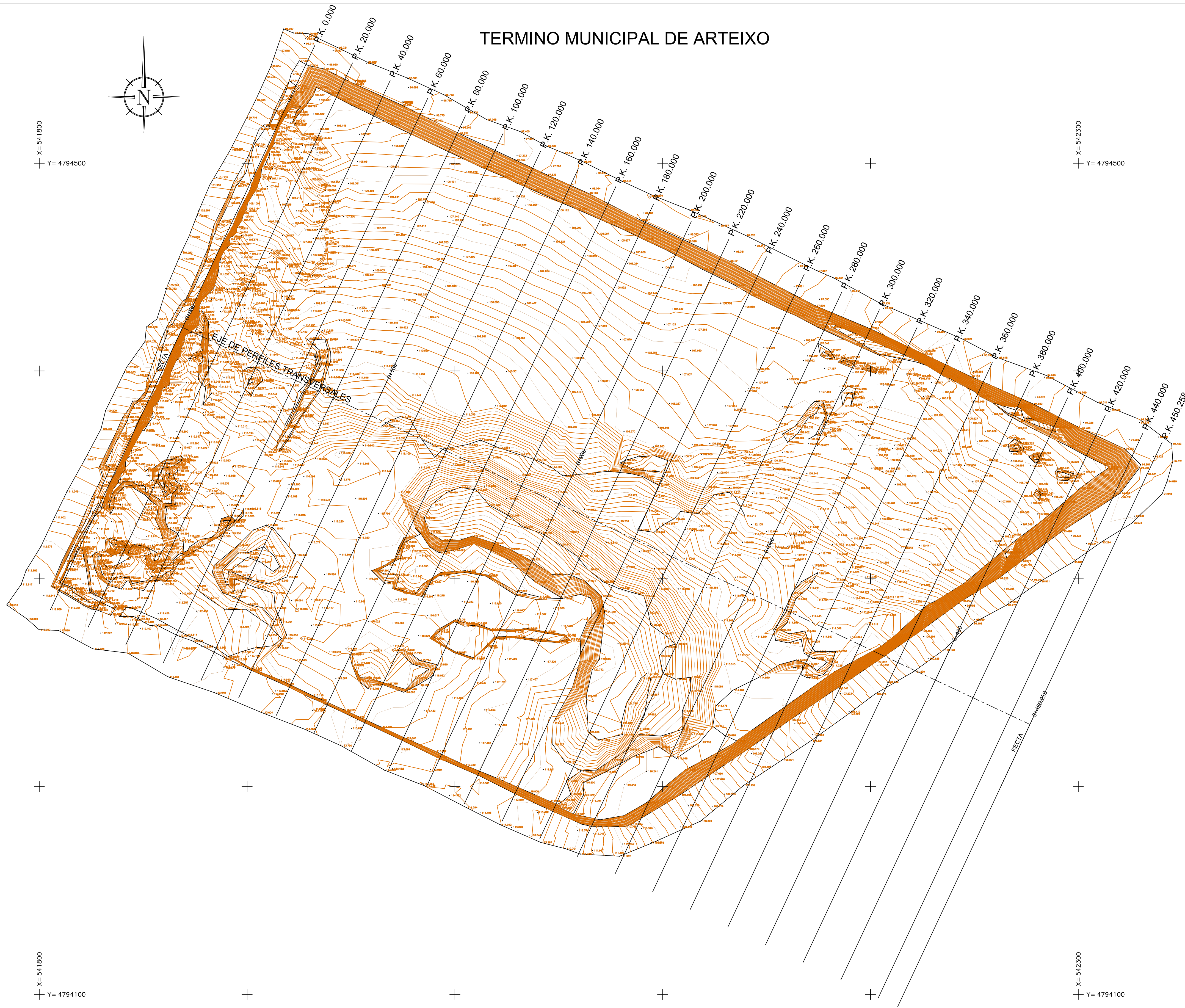


**Bi LOMBER**  
Ingenieros, S.L.

PETICIONARIO:			
Xestion do Solo de Galicia-Xestur, S.A.			
PROYECTO:			
VOLADURAS PARA LA EXPLANACIÓN DE LA PARCELA K.3 DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO. MORÁS, ARTEIXO. A CORUÑA.			
PLANO DE:			
SITUACIÓN GENERAL DE LA OBRA			
AUTOR DEL PROYECTO:		ESCALA:	FECHA:
 CRISTOBAL LOMBARDIA FERNANDEZ. INGENIERO DE MINAS. COLEGIADO n°1072 NO.		1: 20.000	MAYO 2017
			PLANO N°:
			01
			Hoja 1 DE 1





TERMINO MUNICIPAL DE ARTEIXO

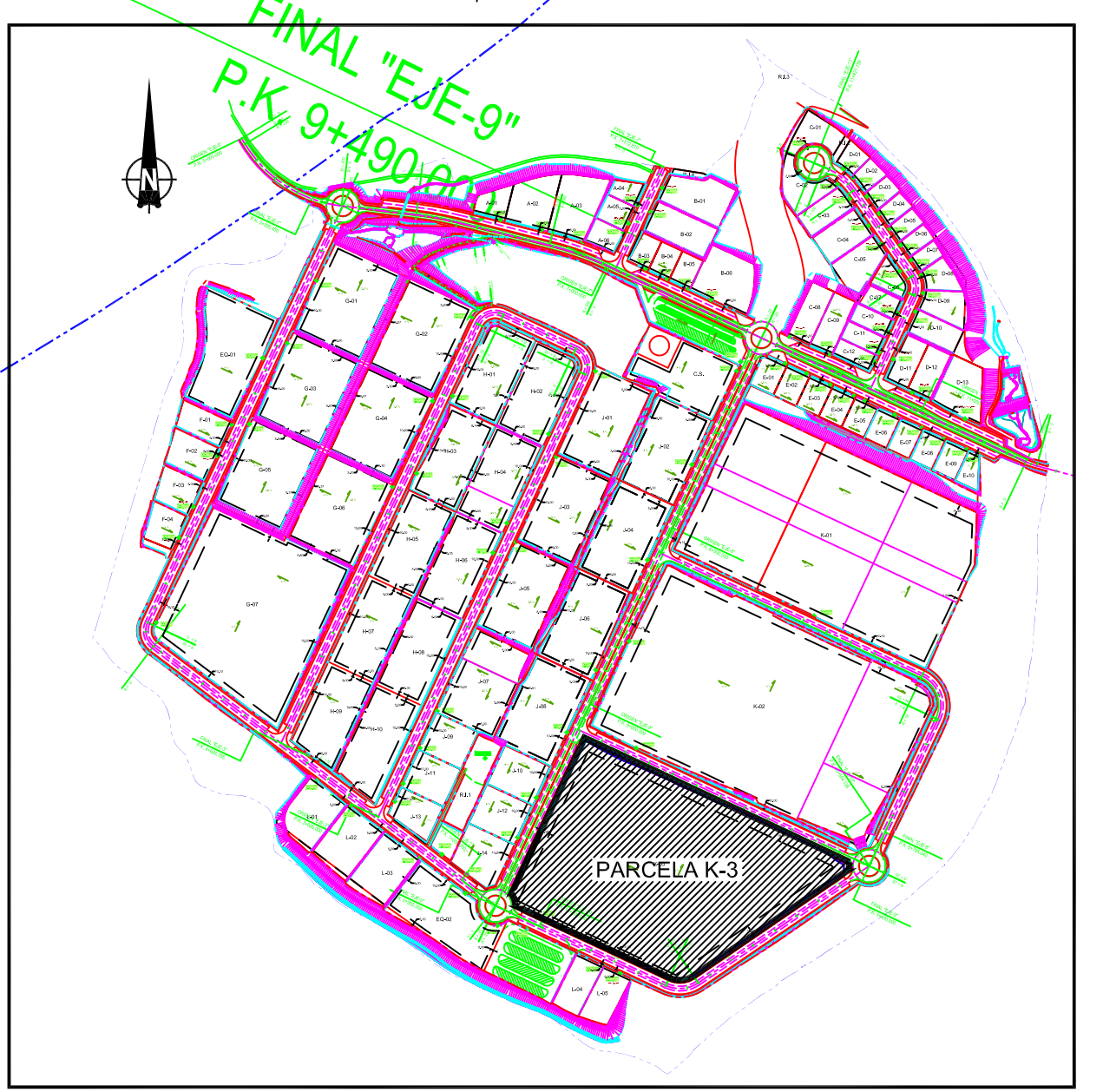
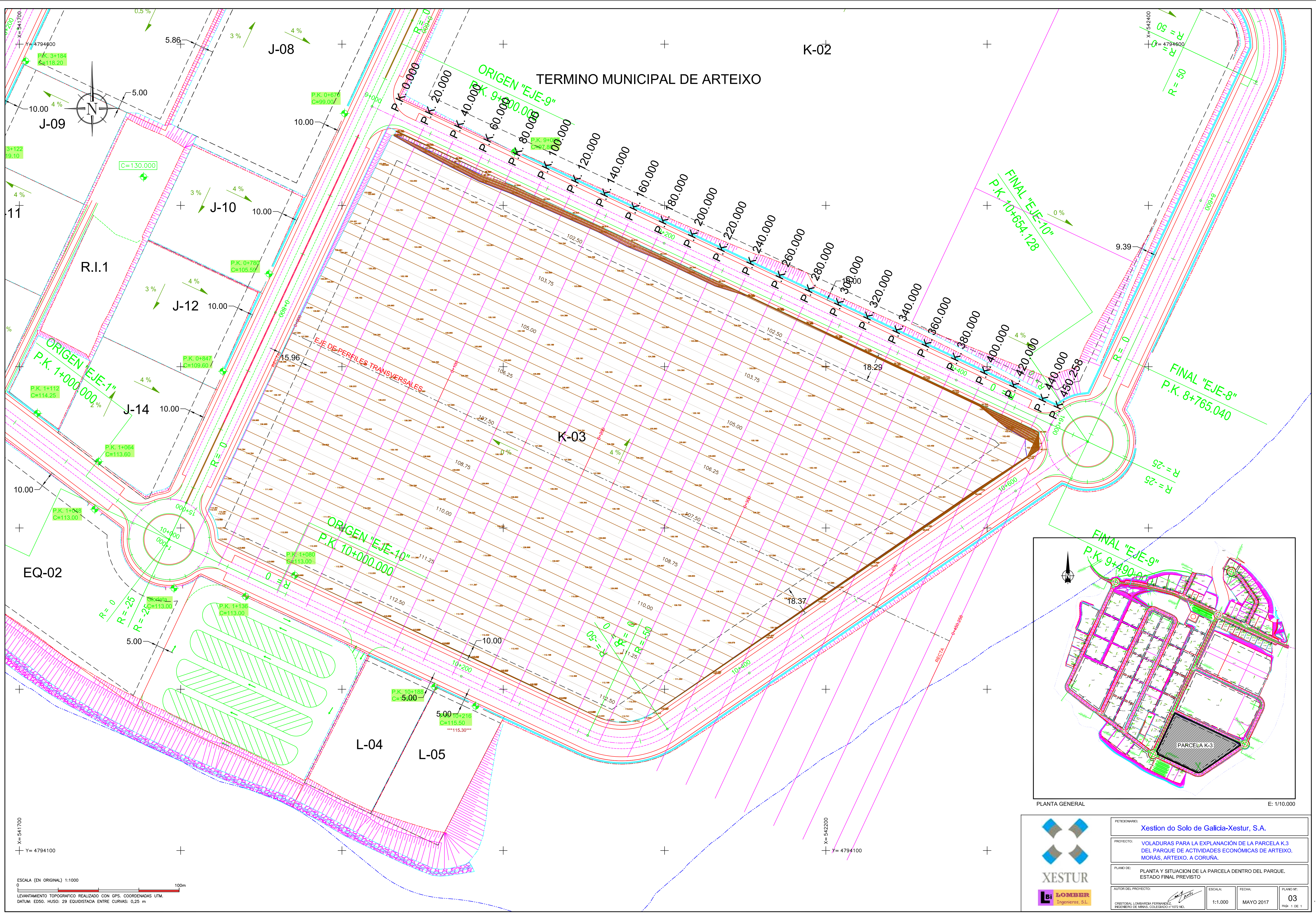


PLANTA GENERAL E: 1/10.000

ESCALA (EN ORIGINAL) 1:1000  
 0 100m  
 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO REALIZADO CON GPS. COORDENADAS UTM.  
 DATUM: ED50. HUSO: 29 EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS: 0,25 m

 <b>XESTUR</b> 	PETICIONARIO: Xestion do Solo de Galicia-Xestur, S.A.			
	PROYECTO: VOLADURAS PARA LA EXPLANACION DE LA PARCELA K.3 DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONOMICAS DE ARTEIXO. MORAS, ARTEIXO. A CORUÑA.			
	PLANO DE: PLANTA Y SITUACION DE LA PARCELA DENTRO DEL PARQUE. TOPOGRAFIA ACTUAL			
	AUTOR DEL PROYECTO: CRISTOBAL LOMBARDA FERNANDEZ INGENIERO DE OBRAS, COLEGIO D. 119740.	ESCALA: 1:1.000	FECHA: MAYO 2017	PLANO Nº: 02 Hoja 1 DE 1



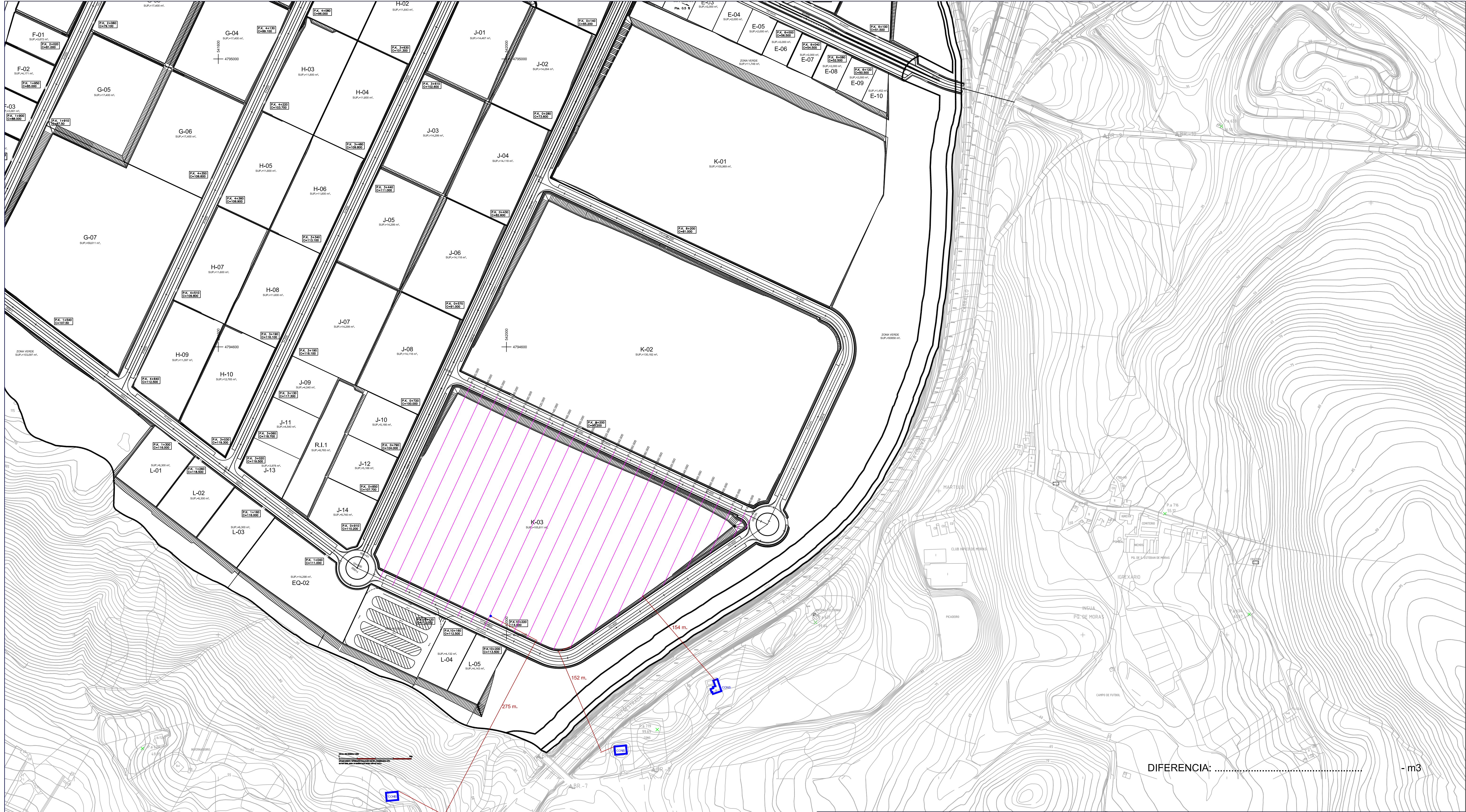


PLANTA GENERAL E: 1/10.000

ESCALA (EN ORIGINAL) 1:1000  
 0 100m  
 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO REALIZADO CON GPS. COORDENADAS UTM.  
 DATUM: ED50. HUSO: 29 EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS: 0,25 m

 <b>XESTUR</b>  <b>Lomber</b> Ingenieros, S.L.	PETICIONARIO: <b>Xestión do Solo de Galicia-Xestur, S.A.</b>	PROYECTO: <b>VOLADURAS PARA LA EXPLANACIÓN DE LA PARCELA K.3 DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO, MORÁS, ARTEIXO, A CORUÑA.</b>	PLANO DE: <b>PLANTA Y SITUACION DE LA PARCELA DENTRO DEL PARQUE. ESTADO FINAL PREVISTO</b>	AUTOR DEL PROYECTO:  CRISTÓBAL LOMBARSA FERNÁNDEZ INGENIERO DE MINAS. COLEGIADO Nº 1072 ND.	ESCALA: 1:1.000	FECHA: MAYO 2017	PLANO Nº: <b>03</b> Hoja 1 de 1
--	---	--	---	--	--------------------	---------------------	---------------------------------------



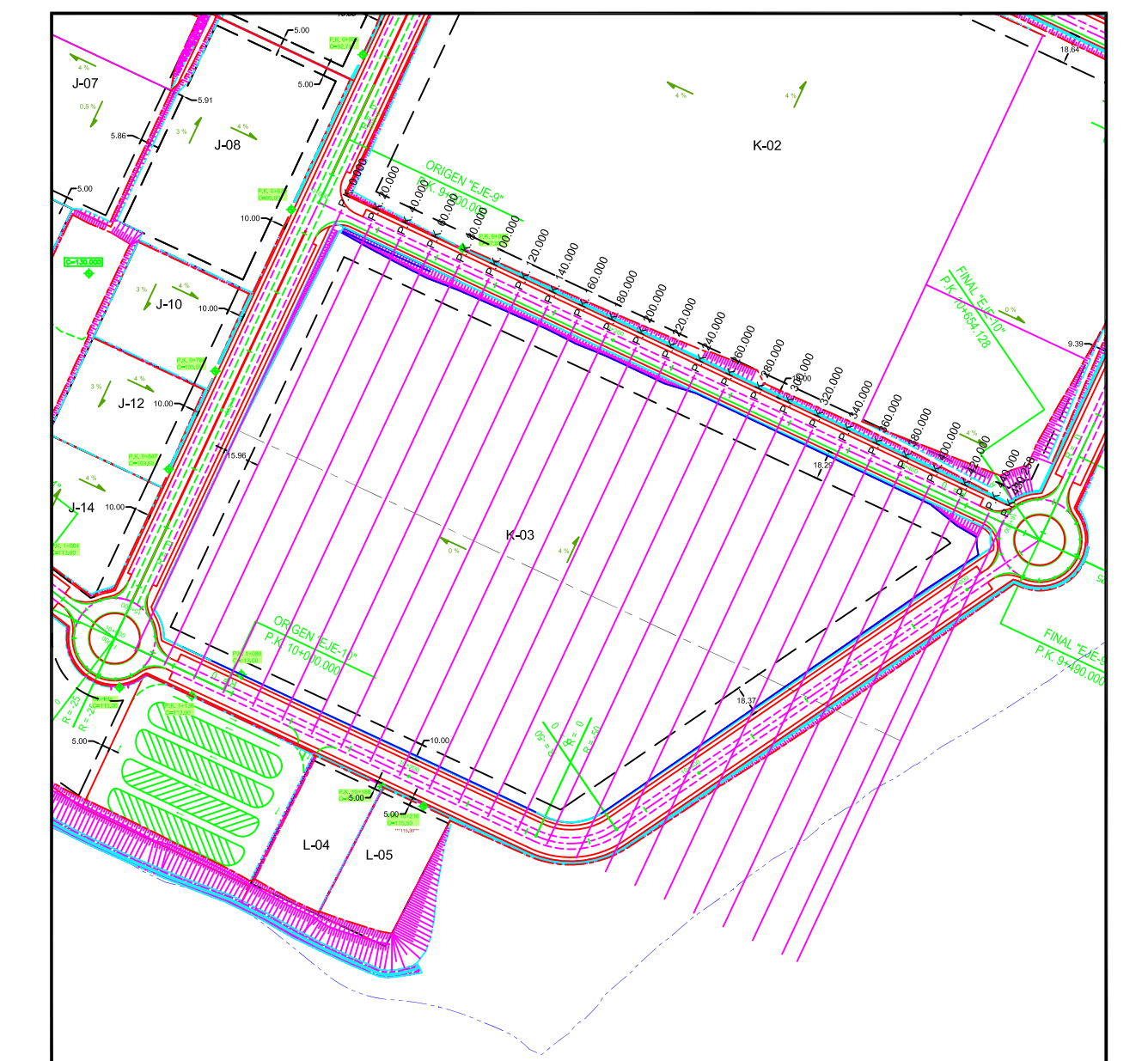
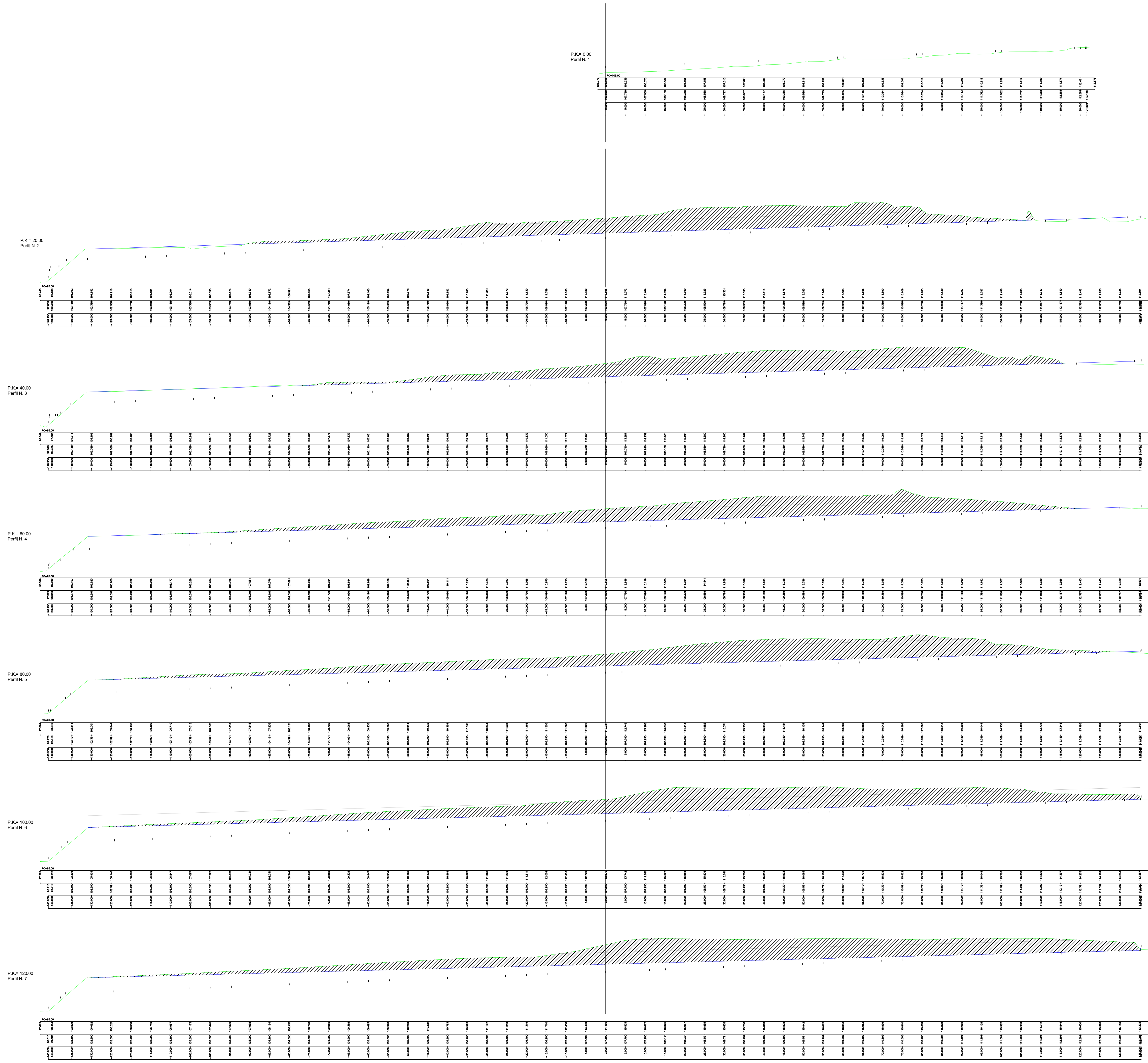


DIFERENCIA: ..... - m3

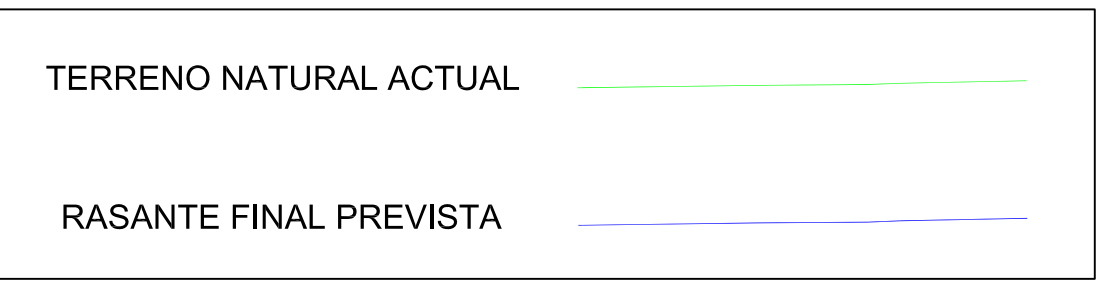


PETICIONARIO:	<b>Xestion do Solo de Galicia-Xestur, S.A.</b>		
PROYECTO:	<b>VOLADURAS PARA LA EXPLANACIÓN DE LA PARCELA K.3 DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO. MORÁS, ARTEIXO. A CORUÑA.</b>		
PLANO DE:	<b>PLANTA DE LA ZONA DE VOLADURA. ELEMENTOS DE AFECCIÓN SITUACIÓN Y DISTANCIAS A VIVIENDAS MÁS PRÓXIMAS</b>		
AUTOR DEL PROYECTO:		ESCALA:	FECHA:
CRISTOBAL LOMBARDIA FERNANDEZ. INGENIERO DE MINAS. COLEGIADO nº1072 NO.		1: 5000	MAYO 2017
			PLANO Nº: <b>04</b> Hoja 1 DE 1






PLANTA GENERAL E: 1/4.000



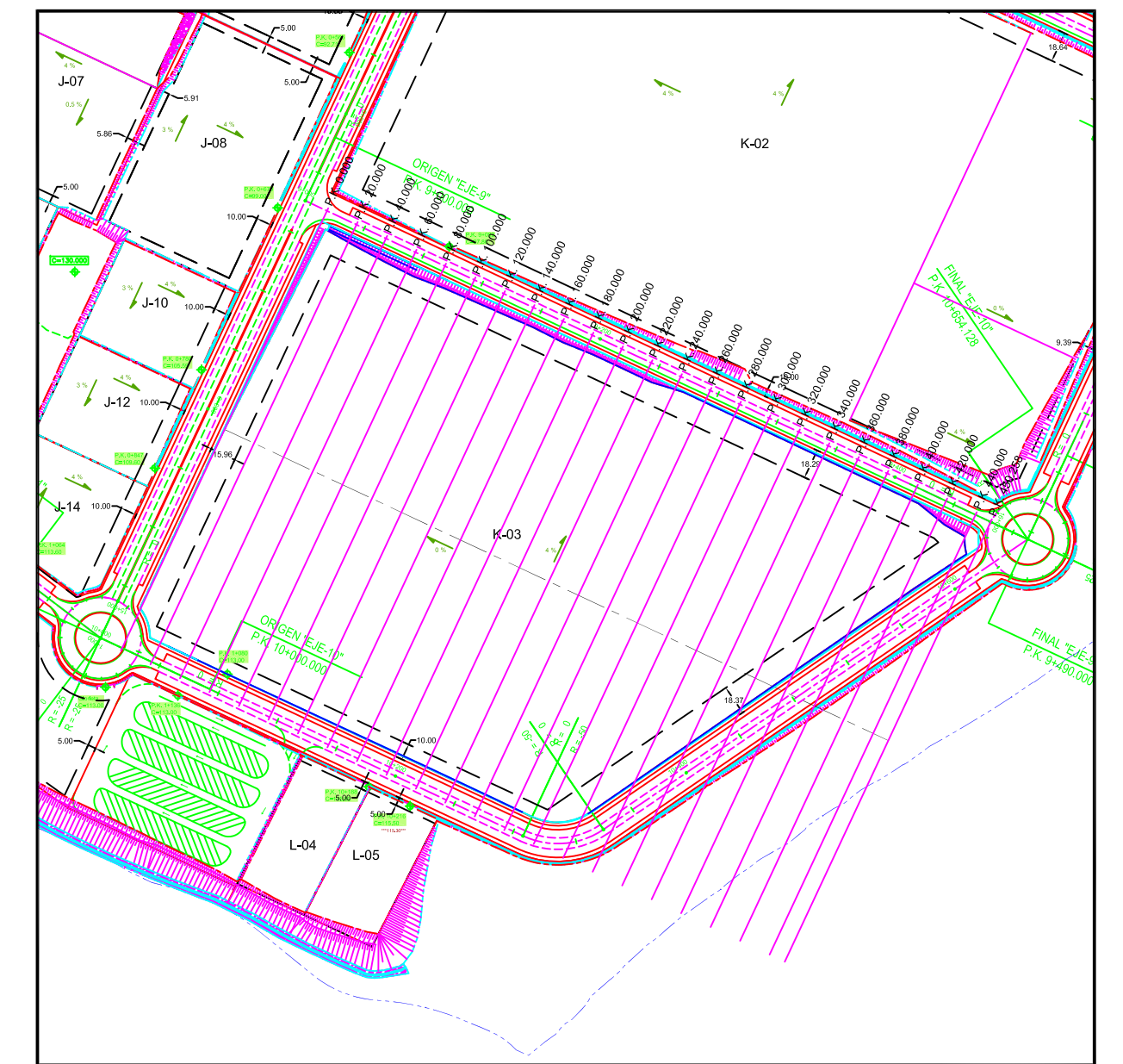
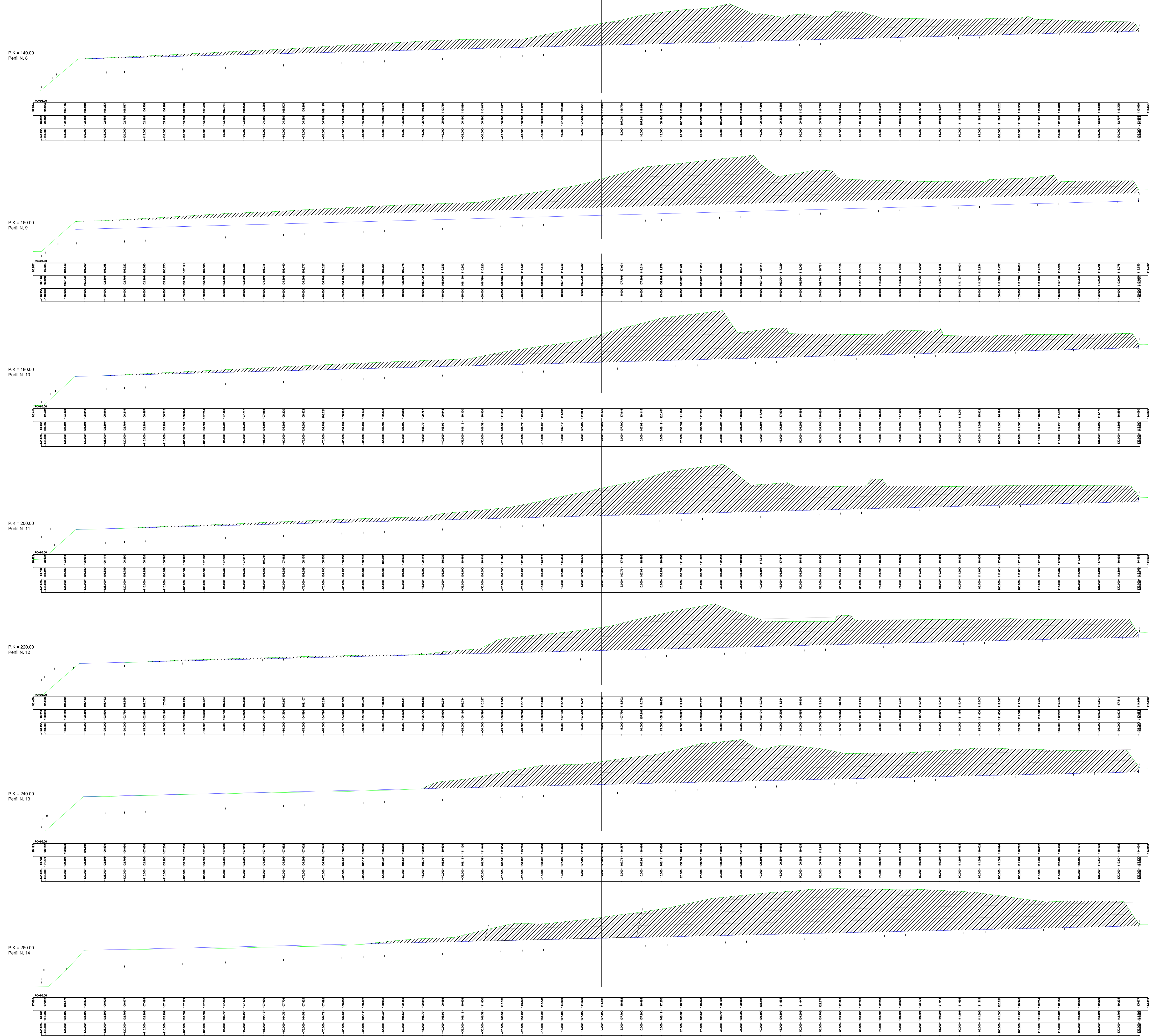
VOLUMEN MOVIMIENTO DE TIERRAS	
VOL. DESMONTE:	318,286 m <sup>3</sup>
VOL. TERRAPLEN:	- m <sup>3</sup>
DIFERENCIA:	- m <sup>3</sup>



**XESTUR**  
Ingenieros, S.L.

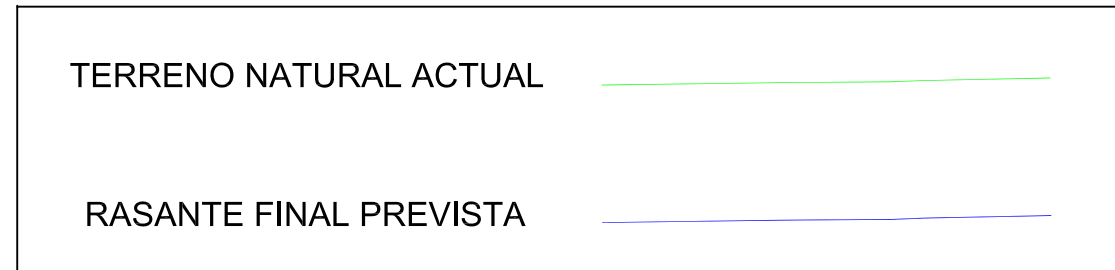
PETICIONARIO: <b>Xestion do Solo de Galicia-Xestur, S.A.</b>	
PROYECTO: <b>VOLADURAS PARA LA EXPLANACIÓN DE LA PARCELA K.3 DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO. MORÁS, ARTEIXO, A CORUÑA.</b>	
PLANO DE: <b>PERFILES TRANSVERSALES DE LA EXCAVACIÓN PREVISTA</b>	
AUTOR DEL PROYECTO: <i>CRISTOBAL LOMBARDIA FERNANDEZ</i> INGENIERO DE M.M.S. COLEGADO nº 1072 N.º	ESCALA: 1: 500
FECHA: MAYO 2017	PLANO Nº: 05 Pág. 1 DE 3





PLANTA GENERAL

E: 1/4.000



VOLUMEN MOVIMIENTO DE TIERRAS	
VOL. DESMONTE: .....	318,286 m <sup>3</sup>
VOL. TERRAPLEN: .....	- m <sup>3</sup>
DIFERENCIA: .....	- m <sup>3</sup>

**PETICIONARIO:**  
Xestion do Solo de Galicia-Xestur, S.A.

**PROYECTO:**  
VOLADURAS PARA LA EXPLANACION DE LA PARCELA K.3 DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONOMICAS DE ARTEIXO, MORÁS, ARTEIXO, A CORUÑA.

**PLANO DE:**  
PERFILES TRANSVERSALES DE LA EXCAVACION PREVISTA

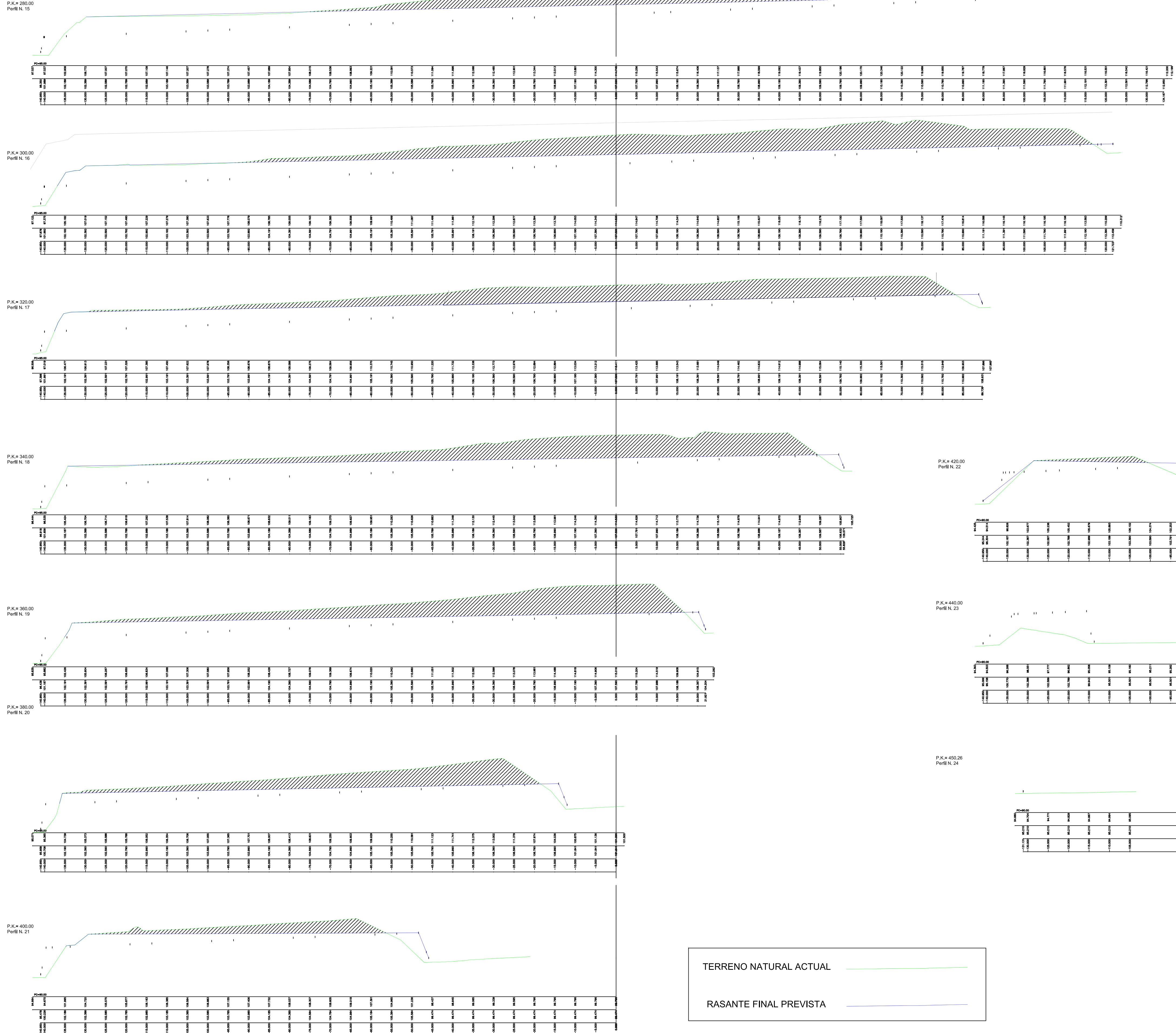
**AUTOR DEL PROYECTO:**  
CRISTOBAL LOMBARSA FERNANDEZ  
INGENIERO DE MINAS. COLEGIADO Nº 1072 NO.

**ESCALA:**  
1: 500

**FECHA:**  
MAYO 2017

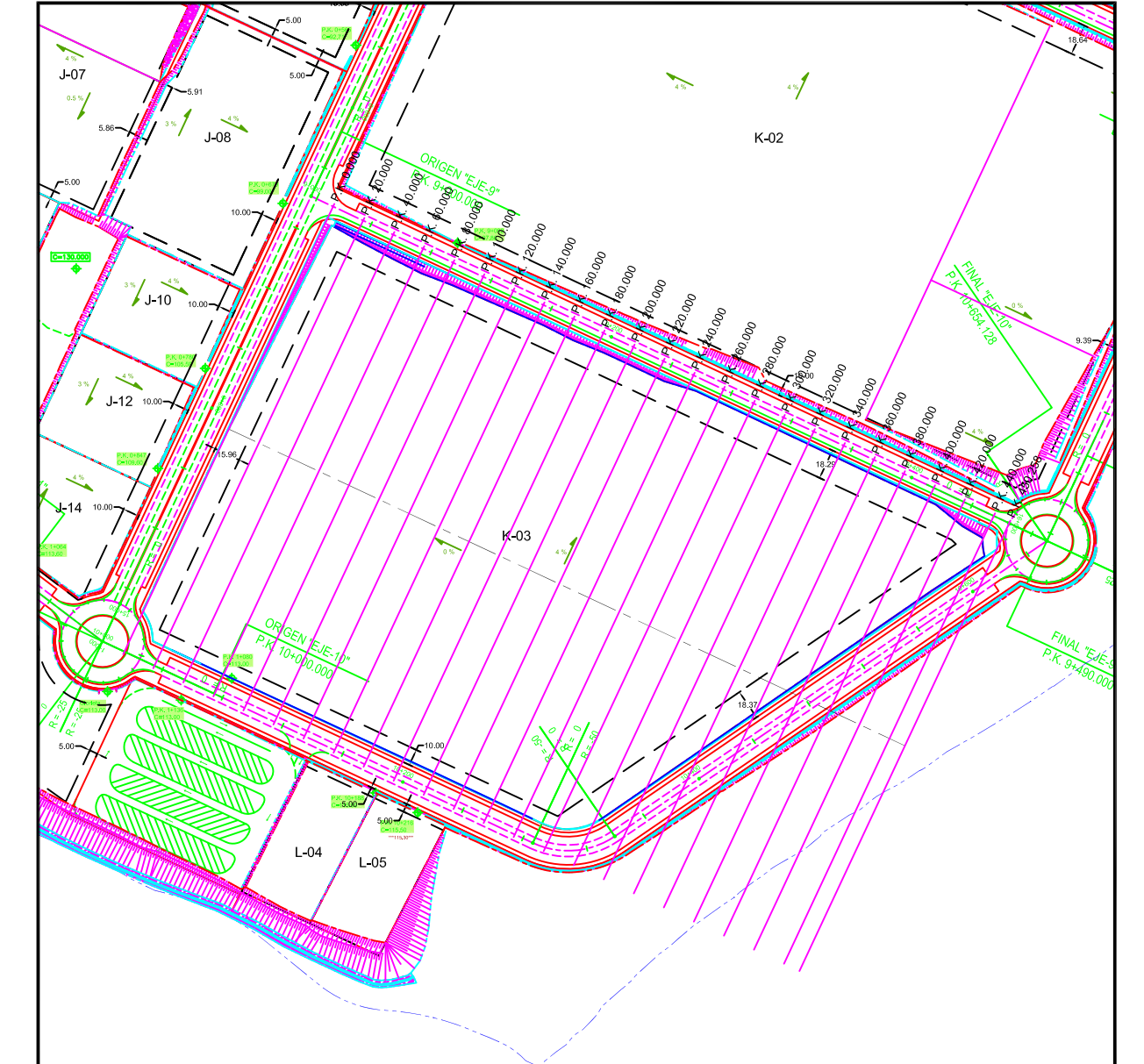
**PLANO Nº:**  
05  
Hoja 2 DE 3



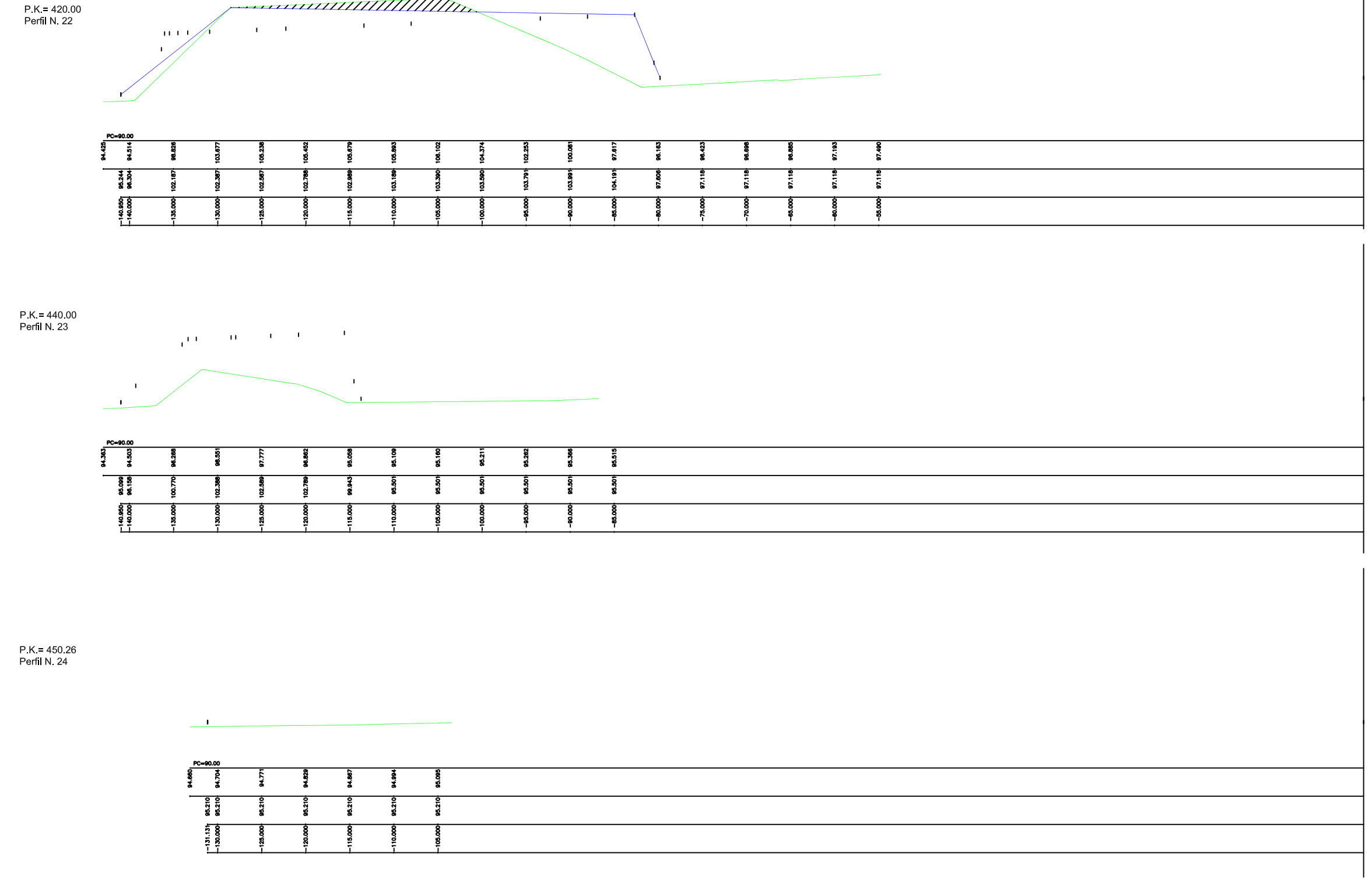


TERRENO NATURAL ACTUAL —

RASANTE FINAL PREVISTA —



PLANTA GENERAL E: 1/4.000



VOLUMEN MOVIMIENTO DE TIERRAS	
VOL. DESMONTE:	318.286 m <sup>3</sup>
VOL. TERRAPLEN:	- m <sup>3</sup>
DIFERENCIA:	- m <sup>3</sup>

**PETICIONARIO:**  
Xestion do Solo de Galicia-Xestur, S.A.

**PROYECTO:**  
VOLADURAS PARA LA EXPLANACION DE LA PARCELA K.3 DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONOMICAS DE ARTEIXO, MORAS, ARTEIXO, A CORUÑA.

**PLANO DE:**  
PERFILES TRANSVERSALES DE LA EXCAVACION PREVISTA

**AUTOR DEL PROYECTO:**  
CRISTOBAL LOMBARDA FERNANDEZ  
INGENIERO DE MINAS. COLEGADO Nº 1072 NO.

**ESCALA:**  
1: 500

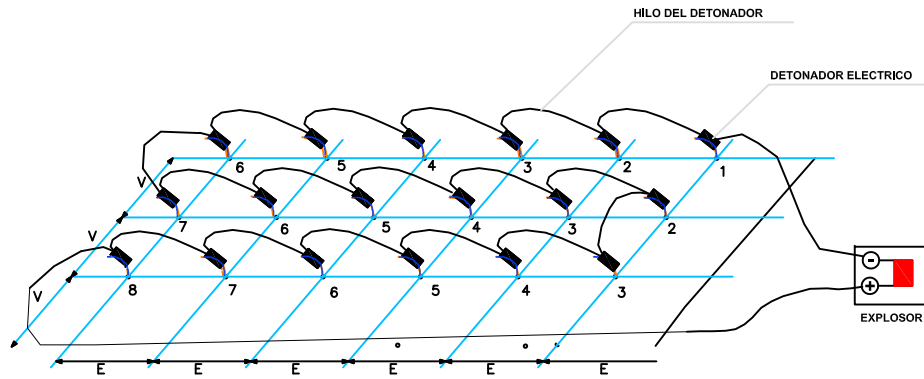
**FECHA:**  
MAYO 2017

**PLANO Nº:**  
05  
Hojas 3 DE 3

## DETALLE DE BARRENOS DE DESTROZA

DIAMETRO DE BARRENO: 76,2/89,4 mm

INCLINACIÓN: 1:5 a 1/10

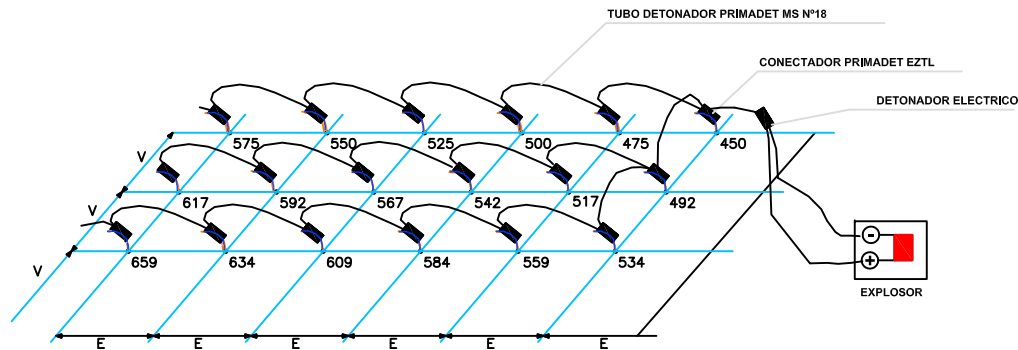


### ESPECIFICACIONES

V= 1,75 metros a 3,50 metros

E= 2,00 metros a 4,25 metros

### SECUENCIACIÓN CON DETONADORES ELECTRICOS

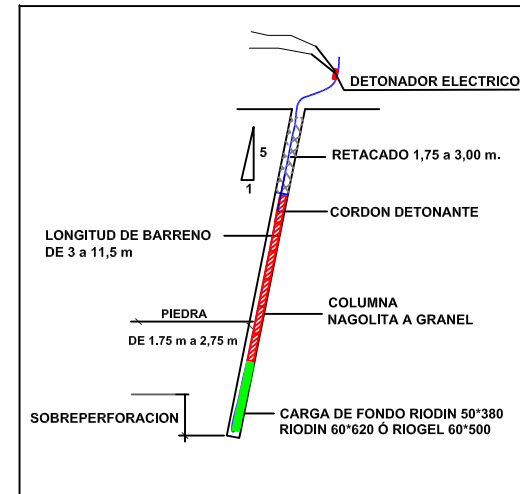
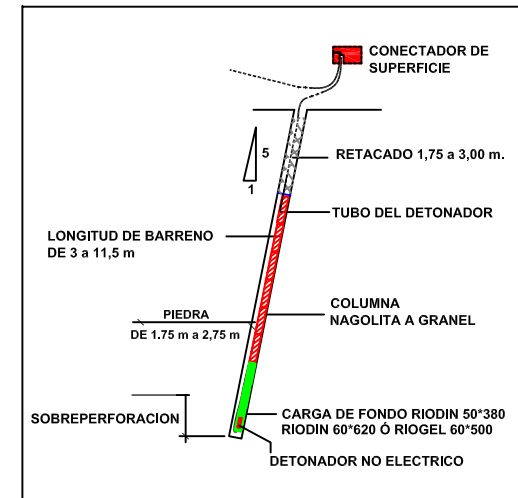


### ESPECIFICACIONES

V= 1,75 metros a 2,75 metros

E= 2,25 metros a 3,50 metros

### SECUENCIACIÓN CON DETONADORES NO ELECTRICOS



PETICIONARIO:	<b>Xestion do Solo de Galicia-Xestur, S.A.</b>		
PROYECTO:	<b>VOLADURAS PARA LA EXPLANACIÓN DE LA PARCELA K.3 DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO. MORÁS, ARTEIXO, A CORUÑA.</b>		
PLANO DE:	<b>ESQUEMA DE SECUENCIACION Y PERFORACION DETALLE DE BARRENOS</b>		
AUTOR DEL PROYECTO:	ESCALA:	FECHA:	PLANO Nº:
CRISTOBAL LOMBARDA FERNANDEZ, INGENIERO DE MINAS. COLEGIADO Nº1072 NO.	S/E	MAYO 2017	<b>06</b> Mesa 3 DE 3



## **IV. –ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **1. ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES.**

#### **1.1 OBJETO Y AUTOR DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud está redactado para dar cumplimiento al Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores en las actividades mineras, en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Su autor es CRISTÓBAL LOMBARDIA FERNÁNDEZ, y su elaboración ha sido encargada por **Xestion do Solo de Galicia-Xestur,S.A.**

De acuerdo con el artículo 3.4 del R.D. 1627/1997, si en la obra interviene más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el titular del centro de trabajo coordinará las medidas relativas a la seguridad y salud.

#### **1.2. OBRA A LA QUE SE APLICA**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se refiere a la obra cuyos datos generales son:

<b>OBRA</b>	
	Voladuras para la para la explanación de la parcela k-3. Parque de actividades económicas de Arteixo (ACTECA). Morás. Arteixo. A Coruña.
Ingeniero autor del proyecto	CRISTÓBAL LOMBARDIA FERNÁNDEZ
Titularidad	Xestion do Solo de Galicia-Xestur,S.A.
Emplazamiento	Concello de Arteixo
Duración prevista de la obra	6 MESES
Número máximo de trabajadores	10

#### **1.3.-DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.**

En la tabla siguiente se indican las principales características y condicionantes del emplazamiento donde se realizará la obra:

DATOS DEL EMPLAZAMIENTO	
Accesos	Carreteras A-6, AC 551, AC-25521 DP0541
Topografía del terreno	Macizo rocoso a media ladera o en explanada de pendiente suave
Suministro de energía eléctrica	No es necesario. Equipos autónomos
Servidumbres y condicionantes	Proximidad de viviendas, Autovía y carreteras autonómicas

En la tabla siguiente se indican las características generales de la obra a que se refiere el presente Estudio de Seguridad y Salud, y se describen brevemente las fases de que consta:

DESCRIPCIÓN. FASES	
Perforación de barrenos	Replanteo, desplazamiento de la maquina. Perforación
Carga de la voladura	Preparación de cartucho cebo, introducción de explosivo, retacado de barrenos
Disparo de voladura	Conexión de detonadores, iniciación mediante explosor

#### **1.4 INSTALACIONES Y ASISTENCIA SANITARIA.**

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica en la tabla siguiente, en la que se incluye, además, la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA		
NIVEL DE ASISTENCIA	NOMBRE Y UBICACIÓN	DISTANCIA APROX. (Km.)
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia Primaria (Urgencias)	Centro de salud de Arteixo, Mutua de Accidentes	5,5 Km.
Asistencia Especializada (Hospital)	Hospital Centro Esp. Ventorrilo. A Coruña	10 Km.

## **1.5.-MAQUINARIA**

La única maquinaria que se prevé emplear en la obra es un carro de perforación auto propulsado

## **2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES**

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, y el siguiente las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera tabla se refiere a aspectos generales afectan a la totalidad de la obra, y las restantes a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta puede dividirse.

### **2.1 TIPIFICACIÓN DEL MECANISMO DE ACCIDENTE.**

01. - Caídas de personas a distinto nivel.
02. - Caídas de personas al mismo nivel.
03. - Caídas de objetos en manipulación.
05. - Caídas por objetos desprendidos.
06. - Pisadas sobre objetos.
07. - Choque contra objetos inmóviles.
08. - Choques contra objetos móviles.
09. - Golpes por objetos o herramientas.
10. - Proyección de fragmentos o partículas.
11. - Atrapamiento por o entre objetos.
12. - Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos.
13. - Sobreesfuerzos.
14. - Exposición a sustancias nocivas.
15. - Explosiones.
16. - Atropellos o golpes con vehículos.
17. - Exposición a ruido.
18. - Exposición a vibraciones.

### **2.2 CATEGORÍAS EXISTENTES POR LABORES.**

- Artillero-Perforista
- Ayudante de artillero.

### **2.3 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS POR LABORES**

#### **2.3.1. - LABORES DE PERFORACIÓN.**

1) Mala colocación de las herramientas o materiales de trabajo en el momento de que no están siendo utilizados

#### **Riesgos detectados:**

- 1 .a. Golpes contra objetos inmóviles

1.b. Pisadas sobre objetos.

2) Personal mal situado, cerca del carro de perforación

**Riesgos detectados:**

2.a. Atropello o golpes por vehículos.

2.b. Atrapamiento por o entre objetos.

2c. Caída de objetos en manipulación.

3) Vuelcos o deslizamientos del carro perforador por mal estado del firme o maniobra inadecuados.

**Riesgos detectados:**

3.a. Atropellos o golpes por vehículos.

3.b. Atrapamiento por vuelco de vehículos.

4) Adoptar posturas inadecuadas tanto en las labores de perforación como en las de mantenimiento

**Riesgos detectados:**

4.a. Golpes por caída de objetos y/o herramientas.

4.b. Caídas de personal al mismo o distinto nivel.

4.c. Sobreesfuerzos.

4.d. E. Profesionales por agentes físicos.

5) Herramientas de trabajo en mal estado o uso inadecuado de las mismas.

**Riesgos detectados:**

5.a. Caída de objetos en manipulación.

5.b. Golpes por herramientas.

5.c. E. Profesionales por agentes físicos y químicos

6) Disminución de la visibilidad por aumento de polvo durante la perforación

**Riesgos detectados:**

6.a. Choques contra objetos móviles e inmuebles.

6.b. Golpes por objetos o herramientas.

6.c. Atropellos por vehículos.

6.d. Atrapamiento por o entre objetos.

6.e. Enfermedades profesionales por agentes químicos

7) Caídas de material por desprendimiento, proyección o deslizamiento sobre las barras durante la labor de perforación

**Riesgos detectados:**

7.a. Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.

7.b. Proyección de fragmentos o partículas.

7.c. Atrapamiento por o entre objetos.

8) Caída de la herramienta en el momento de barrenado, a la hora de cambiar la barra,

asentar columna u otras operaciones.

**Riesgos detectados:**

- 8.a. Golpes por objetos o herramientas.
- 8.b. Caída de objetos en manipulación.
- 8.c. Atrapamiento por o entre objetos.

9) Uso indebido o no utilización de las debidas prendas de protección personal en cualquiera de las tareas realizadas.

**Riesgos detectados:**

- 9.a. Choque contra objetos móviles e inmóviles.
- 9.b. Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- 9.c. Caída de objetos desprendidos.
- 9.d. Golpes por objetos o herramientas.
- 9.e. Atrapamiento por o entre objetos.
- 9.f. Exposición a contactos eléctricos
- 9.g. E. Profesionales producida por agentes físicos.
- 9.h. E. Profesionales producida por agentes químicos.

10) Problemática personal (problemas familiares, consumo de tóxicos, etc.), desmotivación, que provocan la falta de atención o la pérdida de reflejos necesarios en la realización periódica del trabajo.

**Riesgos detectados:**

- 10.a. Golpes contra objetos móviles e inmóviles.
- 10.b. Caídas de personas a mismo o distinto nivel.
- 10.c. Golpes por caída de objetos en manipulación.
- 10.d. Golpes por manejo de herramientas.

**2.3.2. - EXPLOSIVOS.**

1) Detonación de las pegas sin aviso previo en zonas circundantes

**Riesgos detectados:**

- 1.a. Exposición a sustancias nocivas.
- 1.c. Explosiones y proyecciones de rocas.

2) Colocación o almacenamiento indebido de explosivo y detonadores en zonas no adecuadas o depósitos autorizados a tal fin.

**Riesgos detectados:**

- 2.a. Explosiones y proyecciones de rocas.

3) Transporte conjunto de explosivo y detonadores.

**Riesgos detectados:**

- 3.a. Explosiones y proyecciones de objetos.

4) Errores en la manipulación de explosivos: cortar o punzar con objetos metálicos, quitar el papel parafinado del cartucho, usar cartuchos exudados, introducir o atacar con violencia el explosivo en los barrenos o no cortocircuitar cable que sale de los barrenos.

**Riesgos detectados:**

4.a. Explosiones y proyecciones de rocas.

5) Contacto directo de la línea volante o fija con elementos metálicos.

**Riesgos detectados:**

5.a. Explosiones y proyecciones de rocas.

6) Comprobación de la pega total o parcialmente en el frente de trabajo a una distancia incorrecta

**Riesgos detectados:**

6.a. Explosiones y proyecciones de rocas.

7) Explosión de la carga durante las labores de destrucción de sobrantes por combustión:

7.a. Explosiones y proyecciones de rocas.

8) No utilización o mal uso de las prendas de protección individual (casco, guantes, etc.)

**Riesgos detectados:**

8.a. Caída de objetos en manipulación.

8.b. Golpes por objetos y herramientas.

8.c. Choque contra objetos inmóviles.

8.d. Atrapamiento por o entre objetos.

8.e. Exposición a contactos eléctricos.

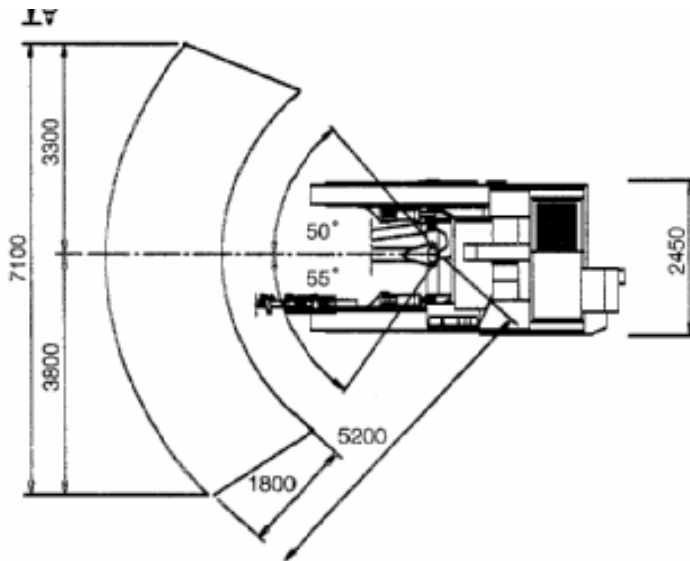
8.f. E. Profesionales producidas por agentes físicos.

8.g. E. Profesionales producidas por agentes químicos.

### **3 MEDIDAS DE SEGURIDAD**

#### **3.1 EN LA EJECUCIÓN DE LA PERFORACIÓN**

Para la ejecución de la perforación se empleará un equipo de perforación sobre carro dotado de brazo articulado y extensible. En el esquema siguiente se observan las dimensiones principales y zona de trabajo en perforación vertical.



### **MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LOS DESPLAZAMIENTOS DE LA PERFORADORA**

Antes de iniciar los traslados de los equipos se comprobarán los siguientes puntos:

- El suelo está en condiciones para trasladar con seguridad el equipo. En caso contrario, se procederá a la preparación del mismo con las máquinas auxiliares disponibles: palas de carga, etc.
- Existencia de líneas eléctricas aéreas, superficiales o subterráneas. La perforadora deberá mantenerse a una distancia de seguridad mínima de 10 m de cualquier línea eléctrica.
- Los accesorios de perforación, especialmente barrenas o tubos, se encuentran inmovilizados.
- La deslizadera o mástil de perforación, se encuentra en posición abatida durante el traslado.

Durante el transporte, el operador ocupa el lugar de conducción designado por el fabricante. No se permitirá la presencia de personas no autorizadas sobre la perforadora.

No se circulará por áreas previamente perforadas. Las pendientes de los itinerarios estarán de acuerdo con las limitaciones impuestas por el fabricante.

Los operadores se mantendrán a una distancia adecuada cuando se mueven las cadenas de la traslación, la cadena de avance del martillo y las barras de perforación.

Para las maniobras entre barrenos auxiliarse de un ayudante, con el fin de evitar pasar por encima de barrenos perforados, impedir que la máquina se aproxime a los bordes del talud y comprobar que los gatos hidráulicos de nivelación están levantados.

### **MEDIDAS DE SEGURIDAD DURANTE LA PERFORACIÓN.**

- El posicionado de la perforadora se hará teniendo en cuenta la posible inestabilidad del terreno, asegurándose de la existencia del macizo de protección necesario a partir de las características estáticas y dinámicas de la máquina. El posicionado del mástil o torre de perforación se realizará, una vez nivelada e inmovilizada la máquina, lentamente y

prestando atención a cualquier obstrucción que pueda existir.

- Cualquier maniobra potencialmente insegura necesitará del concurso de un ayudante en contacto visual con el maquinista.
- El emplazamiento de perforación dispondrá de condiciones de visibilidad apropiadas, tanto para los operadores como para cualquier otro personal de la explotación.
- No se emboquillará sobre fondos de barrenos antiguos.
- No se utilizarán los mecanismos de subida o bajada de la perforadora para otras funciones que las especificadas.
- En esta máquina que dispone de cambiadores automáticos de barrenas o tubos, el operador verificará frecuentemente los mecanismos de funcionamiento e inmovilización de los accesorios de perforación.
- En las maniobras de cambio de barrenas o tubos se prestará atención a los accesorios de perforación (manguitos, adaptadores, etc.) que puedan encontrarse deficientemente afianzados.
- Los accesorios de perforación estarán en todo momento en buenas condiciones de uso. Aquellas piezas que presenten desgastes que puedan afectar a la seguridad de la operación, serán desechadas.
- Los accesorios de perforación se almacenarán en lugares adecuados, protegidos del polvo y los golpes.
- No se golpeará metal con metal sin protección en los ojos.
- Durante la perforación, la máquina dispondrá de sus mecanismos de control, protecciones y guardas en perfecto estado de servicio.
- Durante la perforación se anotarán los valores indicados por los controles, recogiendo además en los partes las incidencias producidas.
- Los operadores nunca se introducirán debajo de las perforadoras rotativas con los gatos levantados, si previamente no se han acoplado topes fijos.
- Cuando se meta o se saque una barra del carrusel se asegurará de su correcta orientación.
- Durante la perforación de los barrenos se observará el descenso de la cabeza de rotación o martillo de percusión.
- Los operadores se mantendrán en todo momento alejados de los componentes en movimiento de la perforadora, tales como cadenas de arrastre del martillo, cables, correas, compresor, etc., y el accionamiento de los mandos lo efectuarán desde posiciones correctas.
- El varillaje, los manguitos, las bocas, etc., recién utilizados se evitará tocarlos directamente



con las manos, pues se corre el riesgo de quemaduras.

- El levantamiento o manipulación de accesorios, pesados, se realizará adoptando las precauciones siguientes:
- Mantener los pies separados situándose a cada lado del objeto.
- Doblar las piernas y agacharse, manteniendo la cabeza erguida.
- Asir el objeto con toda la mano, arropándolo con los brazos.
- Mantenerse aplomado sobre los pies, levantando el objeto con los músculos posteriores de las piernas
- Al depositar el objeto, no girar el cuerpo y mantenerlo próximo al punto de descarga.

### **MEDIDAS DE SEGURIDAD AL FINALIZAR LA PERFORACIÓN.**

No se abandonará la máquina con el motor en marcha. El procedimiento de parada de la perforadora se realizará de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

No se aparcará la perforadora en áreas potencialmente inundables, o que puedan ser alcanzadas por las proyecciones de las voladuras.

Caso de existir alguna circunstancia que pueda afectar al uso de la máquina, dejar nota de advertencia sobre los controles de arranque antes de abandonar la perforadora.

Se evitará aparcar la perforadora en áreas en pendiente. Si fuera necesario se hará uso de los dispositivos de bloqueo prescritos, y se calzará adecuadamente.

Antes de abandonar la perforadora, se liberarán de presión todos los circuitos, dejando los controles en posición de parada y estacionamiento haciendo uso de los bloqueos existente, y retirando las llaves de arranque si las hubiera

### **3.2 EN EL USO Y MANEJO DE EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA**

#### **PERSONAL**

En relación con la seguridad de las operaciones que implican el uso y manipulación de explosivos, es extremadamente importante la formación y características del personal involucrado, así como el cumplimiento de una serie de medidas de seguridad elementales que deben ser cuidadosamente respetadas. Estas medidas son las siguientes:

- Toda persona implicada de cualquier forma en el uso y manipulación de explosivos estará en posesión del correspondiente documento o autorización administrativa que le capacite para desarrollar oficialmente su actividad.
- Todas las personas implicadas en el uso de explosivos estarán obligadas a cumplir la normativa vigente tanto oficial como de régimen interno si existiera. Los supervisores velarán por su cumplimiento y corregirán aquellas prácticas que supongan un riesgo de accidente.
- El personal implicado en el uso de explosivos debe poseer la necesaria experiencia práctica y amplitud de conocimientos en relación a su actividad, así como determinadas características

humanas como inteligencia, sentido común, merecedores de confianza, comportamiento reposado y disciplinado, etc.

- La formación de personal se realizará de acuerdo con la actividad concreta a desarrollar. Periódicamente se mantendrán reuniones de actualización técnica, y diariamente se impartirán las instrucciones de operación necesarias.
- La manipulación de explosivos se debe realizar con el mínimo imprescindible de personal autorizado y capacitado. Ello significa que se disminuyen los riesgos de accidente cuanto menos personas están involucradas. El mejor sistema sería el equipo de dos personas.
- Las operaciones de uso de explosivos deben estar perfectamente sistematizadas y el trabajo a realizar, dividido y concretamente asignado. Todas las personas involucradas conocerán de forma precisa las funciones respectivas, de manera que la operación se desarrolle en términos exactos y ordenados.
- La supervisión de las actividades de voladura se realizará por el personal competente tanto en el diseño de voladuras y uso de explosivos, como en la dirección de personal.
- No se permitirá manipular explosivos a personas bajo los efectos del alcohol, drogas o incapacidad de cualquier tipo.

#### **MEDIDAS DE SEGURIDAD PREVIAS EN EL ÁREA DE VOLADURA**

- Se entiende por área de voladura no sólo aquella donde están emplazados físicamente los barrenos a volar, sino en la que potencialmente se puedan producir daños personales o materiales. Su extensión se fijará de acuerdo con la experiencia previa y el adecuado factor de seguridad.
- El diseño de la voladura, previo a la perforación y carga de los barrenos, debe tomar en consideración los siguientes aspectos de cara a optimizar todas las etapas de la operación de voladura en condiciones de máxima seguridad:
  - Características de los explosivos y accesorios a utilizar, así como de las rocas y macizo rocoso.
  - Esquema de perforación y voladura.
  - Características del entorno.
- Inspección del área de voladura para limpieza de materiales sueltos existentes en superficie, cables eléctricos, así como posibles barrenos anteriores fallidos.
- Establecer la señalización adecuada en el área de voladura para impedir el paso o presencia de maquinaria o personas no autorizadas.
- Señalizar correctamente los barrenos objeto de voladura.
- Depositar en el tajo de voladura, previamente a la llegada de explosivo, todos los materiales necesarios para la preparación de la misma.

#### **MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA CARGA DE BARRENOS**

Como medidas generales de seguridad en la manipulación de explosivos para la carga de barrenos se recomiendan las siguientes:

- En la apertura de envases de explosivos se prohíbe el uso de herramientas metálicas que puedan producir chispas.
- No se permitirá fumar ni disponer de elementos productores de llama en el entorno de cualquier punto donde haya materiales explosivos.
- Los explosivos destinados a la preparación de la voladura serán descargados en lugares secos, alejados de fuentes de calor, aceites o combustibles.
- El personal no acarreará materiales explosivos en sus bolsillos o ropa personal.
- El personal se mantendrá alejado de los explosivos y sus accesorios cuando se acerque una tormenta y durante la misma.
- No se usarán materiales explosivos, accesorios o equipos que estén deteriorados.
- Las operaciones de voladura se realizarán con luz de día y margen de tiempo en previsión de posibles retrasos.

#### Medidas de seguridad en la preparación del cebo

Se define el cebo como aquella parte de la carga de explosivo que contiene el elemento iniciador del resto de la carga con la cual se halla en contacto. El cebo puede estar constituido por alguno de los elementos siguientes:

- Cartucho de explosivo potente y sensible al detonador, eléctrico o no, contenido en su interior.
- Cartucho de explosivo potente al cordón detonante, y
- Multiplicador sensible al cordón detonante o detonador.

Considerando la importancia que desempeña la correcta preparación del cebo en el éxito de una voladura se recomiendan las siguientes medidas de seguridad.

- La preparación y colocación del cebo se realizará de acuerdo con la reglamentación existente y las instrucciones del fabricante.
- Se asegurará el correcto posicionado y amarre del detonador o cordón detonante al cartucho cebo, y en caso de excesivo peso se reforzará con cinta aislante.
- La inserción del detonador o cordón detonante en el cartucho se realizará con la herramienta autorizada, que será de madera, latón o aluminio.
- La manipulación del conjunto cebo-iniciador se realizará con la máxima seguridad, sin someter a los cables de detonador, al cordón detonante y a sus conexiones, a tensiones peligrosas ni golpes de ningún tipo.
- Se prepararán los cartuchos cebo estrictamente necesarios para la voladura, y en todos los casos fuera del polvorín o alejado de mayores cantidades de explosivo.

#### Medidas de seguridad durante la carga de barrenos

- Se adecuará el diámetro del explosivo a utilizar con el del barreno, de acuerdo con la calidad de la roca y estado del mismo.
- Previamente a la carga de cada barreno, inspeccionar cuidadosamente su estado y longitud con un atacador, cinta métrica o espejo.
- Se tendrá en cuenta antes de comenzar la carga, el correspondiente parte de perforación con objeto de conocer la existencia de algún barreno anómalo, así como la longitud perforada.
- El emboquille del barreno se limpiará de detritus que impida posibles atranques. Si en la columna del barreno existiera alguna obstrucción, se limpiará con una cucharilla.
- Antes de comenzar la carga, el barreno deberá encontrarse a temperatura ambiente, por tanto no se cargará el barreno recientemente perforado salvo en voladuras subacuáticas.
- Cuando exista agua en el barreno, se agotará con los sistemas de bombeo adecuados y/o se empleará explosivo resistente a la misma.
- El cartucho cebo se descenderá con las máximas precauciones para evitar su atranque, ya que se inutilizaría la parte inferior del barreno. Caso de atranque, no se intentará perforar la obstrucción o forzar el descenso del cartucho atrancado.
- La carga posterior al cartucho cebo se realizará evitando golpear el mismo.
- La carga del barreno se realizará de acuerdo con las cantidades previamente calculadas, y comprobando a intervalos regulares que su posición es la prevista.
- En materiales rocosos con posibles cavidades se extremará la medida anterior con objeto de evitar concentraciones de explosivo anómalas que incrementarán las proyecciones incontroladas.
- No se cargarán barrenos disparados anteriormente.
- El personal de carga evitará colocar cualquier parte del cuerpo innecesaria sobre el barreno.
- Todos los procedimientos de carga y conexiones se realizarán de acuerdo con la legislación vigente y recomendaciones del fabricante.
- El explosivo existente en el tajo de carga será el estrictamente necesario para la voladura.
- Todo el explosivo sobrante, una vez finalizada la carga, será devuelto al polvorín.

#### Medidas de seguridad en el retacado de barreno

- El retacado o confinado de explosivos en el barreno se realizará con arena, tierra, arcilla o cualquier otro material inerte apropiado, no combustible y granulometría fina y homogénea.
- El vertido del material de retacado se realizará con las máximas precauciones para evitar daños al sistema iniciador (cordón detonante o detonador), e impedir su caída dentro del barreno.
- Durante la operación de retacado se comprobará el ascenso regular del material vertido con un atacador de madera, evitando movimientos bruscos y daños la sistema de iniciación.

## **MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA PREPARACIÓN DE LA PEGA**

Una vez realizadas las operaciones de carga y retacado de los barrenos a volar, es preciso establecer el montaje de detonadores y/o línea de tiro hasta el punto de disparo en caso de pega eléctrica, el montaje de la voladura con mecha lenta y detonador o con sistemas de iniciación no eléctrica.

Medidas de seguridad en la preparación de las pegas eléctricas

La preparación de voladuras eléctricas debe contemplar los riesgos de encendido imprevisto como consecuencia de la influencia sobre los circuitos de disparo de corrientes eléctricas extrañas. Este tipo de corrientes pueden tener los siguientes orígenes:

a) Causas naturales:

- 1.- Tormentas
- 2.- Electricidad estática
- 3.- Corrientes galvánicas

b) Causas humanas:

- 1.- Corrientes magnéticas inducidas
- 2.- Efecto corona producido por líneas de A.T.

Las nuevas tecnologías en la fabricación de detonadores eléctricos han incrementado de forma importante el grado de seguridad con la aparición de los tipos I y AI. En todo caso, la existencia de fenómenos eléctricos no bien explicados o imprevisibles exige el cumplimiento estricto de las medidas de seguridad que más adelante se recomiendan.

Debe tenerse en cuenta que en relación con la proximidad de tormentas, que supone posiblemente la causa más frecuente de riesgo en voladuras eléctricas, aquellas pueden alterar las condiciones atmosféricas incluso antes de que puedan detectarse visualmente, y frente a las cuales no existe otra medida de seguridad que la instalación de sistemas de alerta previa para evacuar el tajo en condiciones seguras.

Las medidas de seguridad recomendadas en la utilización de detonadores eléctricos son las siguientes:

- No mezclar en un mismo circuito detonadores eléctricos de distintos fabricantes ni de diferentes características aún siendo de la misma procedencia.
- Los detonadores eléctricos y línea general de tiro se verificarán previamente a su instalación con un comprobador homologado y adecuado a tal función, siempre de acuerdo con las especificaciones del fabricante y en condiciones de seguridad para el operador.
- Los extremos de los hilos del detonador y línea de tiro se mantendrán en cortocircuito hasta que la voladura esté preparada para su disparo.
- En caso de proximidad de tormenta o durante la misma, se paralizarán las operaciones con explosivos y accesorios, y se evacuará la zona.

- No se utilizarán detonadores eléctricos en las cercanías de centros emisores de radiofrecuencia, líneas eléctricas, fuentes de electricidad estática, etc, salvo que exista la distancia de seguridad establecida por la normativa vigente y las especificaciones del fabricante.
- Los cortocircuitos y conexiones de disparo se mantendrán totalmente aislados de tierra u otros conductores como carriles, tuberías, cables eléctricos de cualquier tipo, tomas a tierra, portadores de corrientes parásitas o partes metálicas, y en cualquier caso con los terminales en cortocircuito hasta que todo esté preparado para el disparo.
- Antes de realizar las conexiones de los terminales de los cables que conforman el circuito de disparo, se verificará su limpieza y carencia de óxido y una vez conectados se protegerán adecuadamente, quedando completamente aislados sin contacto con el terreno.
- El personal que realice las operaciones de colocación de detonadores y conexionado de la voladura estará provisto de la vestimenta apropiada, de características antiestáticas, y dispondrá de un tubo de cobre hincado en el terreno para descarga de electricidad estática que pudiera portar, previamente a la manipulación de detonadores.
- La línea general de disparo se comprobará e inspeccionará en prevención de fallos de aislamiento o interrupciones de circuito y se extenderá con los terminales del lado del explosor en cortocircuito.
- Las características eléctricas de la línea general y explosor estarán de acuerdo con el tipo y número de detonadores a utilizar, así como con las especificaciones de uso establecidas por el fabricante.
- Una vez realizadas las conexiones entre detonadores y con la línea general, se realizará la comprobación del circuito desde el lugar de disparo, manteniéndose en cortocircuito hasta el momento del disparo.
- Los equipos de comprobación y disparo serán revisados periódicamente por el fabricante o laboratorio debidamente autorizado, así como la reparación de cualquier avería que pudiera producirse.
- En caso de que alguno de los equipos sea accionado por baterías, éstas se renovarán utilizando los tipos prescritos por el fabricante.

### **MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL DISPARO**

#### Medidas de seguridad previas al disparo

- Se dispondrá, con tiempo suficiente del personal necesario para asegurarse del estado del área de voladura e impedir el acceso de personas.
- 
- Se dispondrá de los refugios o protecciones apropiadas para el personal y máquinas que deban permanecer en el área de voladura.
- Se dispondrá de un sistema acústico de aviso adecuado a la extensión y características del

área de voladura. Pueden usarse sirenas, trompetillas o disparos de carga de aviso.

- En el área de voladura no existirán explosivos o accesorios residuales.
- El disparo de la voladura se realizará por persona autorizada una vez recibida la orden de la persona encargada de la supervisión, dados los avisos pertinentes, y desde un refugio seguro.
- En el caso de ser necesario de corte de carretera o coordinación con RENFE para la programación del disparo, no se iniciará la conexión de detonadores eléctricos en tanto no se reciba la confirmación, **por parte del responsable de coordinación del corte de tráfico**, de que se puede iniciar el proceso
- El disparo de la voladura se realizará con luz de día y margen de tiempo suficiente para reparar posibles fallos.

#### **Medidas de seguridad posteriores al disparo**

- No se regresará al tajo de voladura hasta que la visibilidad sea completa, y haya desaparecido el polvo, gases y humos de la voladura.
- En cualquier caso se esperará un tiempo prudencial para que se estabilice la pila de escombros y los taludes residuales.
- o Se desconectará el explosor y se pondrá en cortocircuito la línea general de tiro, inspeccionándose los cables eléctricos.
- o Se inspeccionará el tajo por el supervisor o encargado de voladuras para comprobar la posible existencia de barrenos fallidos.
- o Nadie accederá al área de voladura y se restablecerá el tráfico hasta que haya sonado el aviso correspondiente, autorizado por el responsable de la voladura.

#### **MEDIDAS DE SEGURIDAD EN CASO DE BARRENOS FALLIDOS**

La realización de las operaciones de carga y disparo de voladuras de acuerdo con las medidas de seguridad recomendadas anteriormente es la mejor forma de prevenir posibles fallos. En caso de presentarse, el responsable de voladuras deberá tener la experiencia necesaria para resolver el fallo con seguridad y extraer las conclusiones que prevengan su repetición.

La recomendación más importante es realizar de nuevo el disparo del barreno fallido en condiciones de seguridad.

- Se señalará el lugar donde esté situado el barreno fallido y se mantendrá aislada el área hasta que se eliminen tales barrenos.
- La inspección y recuperación de barrenos fallidos se realizará con el mínimo de personas posibles y bajo la dirección del responsable de voladuras.
- En casos de voladura eléctrica se inspeccionarán los cables y se conectarán y comprobarán desde el lugar seguro, disparándose si ello es posible.
- Si el barreno ha resultado descabezado y el explosivo de columna está visible, se adosará a la carga un cartucho cebo y, una vez retacado, se disparará con las precauciones debidas.



- La perforación de otro barreno a distancia no inferior a diez veces el diámetro de perforación sólo se realizará si no se ha utilizado explosivo a granel o introducido con cargadora, de acuerdo con la normativa vigente.

Con preferencia, los nuevos barrenos se perforarán por delante o en el mismo plano paralelo al frente del barreno fallido. En cualquier caso es una operación extremadamente peligrosa que sólo debe realizarse como último recurso.

Cuando exista la sospecha de que hay explosivo no detonado en la pila de material volado, el personal que tenga relación con el desescombro, remoción del mismo o se halle próximo, estará al corriente de esta circunstancia y actuará con las máximas precauciones bajo la supervisión del responsable de voladuras. En esta situación es recomendable el riego de la voladura o de los explosivos que puedan aparecer, antes de su retirada y posterior destrucción.

### **MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA DESTRUCCIÓN DE EXPLOSIVOS**

La necesidad de recurrir a la destrucción de explosivos o accesorios puede originarse como consecuencia de manipulación inadecuada y consiguiente rotura de los envases y derrame del contenido de los mismos, también como consecuencia de sobrantes de voladura y, finalmente, en caso de deterioro de los constituyentes de un explosivo. Esto último representa una situación más peligrosa que si se tratase de explosivos en buenas condiciones, por lo que se extremarán las medidas de seguridad.

En todo caso se tratara de evitar la destrucción por combustión, dada la escasa distancia de la obra a carreteras y lugares habitados. Se perforará siempre algún barreno de reserva con la piedra sobredimensionada y se pedirá algún detonador de más para poder destruir el explosivo en su interior antes que por combustión

En todos los casos que resulte necesario destruir explosivos o accesorios, se realizará de acuerdo con las especificaciones establecidas por el fabricante , y ante cualquier duda se recabará su asesoramiento. Los procedimientos de destrucción son por combustión, explosión y destrucción química, este último escasamente utilizado.

La destrucción de explosivos sólo será realizada por personal especialmente adiestrado por el Director Facultativo y requerirá un documento específico de formación que le faculte expresamente para dicha operación. El resto del personal sólo podrá auxiliar a la persona encargado antes del comienzo de la destrucción pero deberá abandonar la zona de destrucción antes del comienzo de la operación de destrucción.

Cuando la destrucción se realice por combustión, ésta se realizará individualmente para cada tipo de explosivo, y se revisará detalladamente de forma que no existan detonadores incluidos en algún cartucho. En la destrucción de explosivos por combustión se seguirán las siguientes recomendaciones básicas:

- La destrucción de explosivos por combustión se realizará en filas convenientemente separadas y extendidas, en cantidades inferiores a 5 kg cada una.



- Cumplir las distancias mínimas de seguridad frente a personas o instalaciones según tablas de los fabricantes, en función de la cantidad a destruir.
- El personal implicado en las operaciones de quema de explosivos estará en lugar seguro antes de que comience la combustión de los mismos.
- La separación de las pilas será necesaria para evitar su propagación. El explosivo a quemar se extenderá sobre un lecho de material seco y fácilmente combustible, en altura inferior a 25 mm, evitando en todo momento la formación de puntos calientes o posible sobrecalentamiento del explosivo en combustión. Cada emplazamiento sólo se utilizará una vez.
- No se quemarán explosivos en sus cajas o embalajes. La combustión de estos últimos se realizará al aire libre, aplicando las mismas medidas de seguridad que para los explosivos.

En la Tabla I se indican las distancias mínimas que deben existir entre el lugar de destrucción y las casas o lugares habitados y vías de comunicación (salvo que se haya impedido el acceso a ellas) más próximas.

**TABLA I**

Distancias mínimas a lugares habitados y vías de comunicación.

Cantidad de explosivo a destruir	Distancia aconsejable
Hasta 1 Kg.	150 m
De 1 a 2 Kg.	200 m
De 2 a 5 Kg.	250 m
De 5 a 10 Kg.	325 m
De 10 a 25 Kg.	450 m

La Tabla II corresponde a las distancias mínimas que deben guardarse entre el lugar donde se deposite el explosivo para su destrucción y el escogido para el refugio del personal encargado de la operación. Este lugar debe elegirse de modo que presente adecuada protección contra eventuales proyecciones.

**TABLA II**

Distancia mínima de protección del personal encargado de la destrucción  
(a cubierto de proyecciones)

Cantidad de explosivo a destruir	Distancia aconsejable
Hasta 1 Kg.	50 m

De 1 a 2 Kg.	60 m
De 2 a 5 Kg.	75 m
De 5 a 10 Kg.	100 m
De 10 a 25 Kg.	125 m

En principio, las cantidades de explosivo a destruir en cada operación pueden ser cualesquiera, siempre que se adopten las distancias de seguridad correspondientes y se sigan las instrucciones aconsejables al método adoptado. No obstante, en general, no deben sobrepasarse los 5 Kg. por operación, especialmente cuando la destrucción se efectúa por combustión o detonación.

Si, como consecuencia de la cantidad total a destruir, fuera necesario fraccionar el explosivo en diversas partidas, debe situarse con una separación entre sí, tal que la explosión eventual o provocada de una partida no origine la de las adyacentes.

**TABLA III**

Distancia mínima entre las partidas de explosivos a destruir

Cantidad de explosivo a destruir	Distancia aconsejable
Hasta 1 Kg.	2 m
De 1 a 2 Kg.	3 m
De 2 a 5 Kg.	5 m
De 5 a 10 Kg.	7 m
De 10 a 25 Kg.	10 m

La destrucción por explosión se realizará preferentemente confinando el explosivo en un barreno, bajo el agua o recubierto de arena, con iniciación eléctrica y extremando las medidas de seguridad.

El empleo de agua para la destrucción por disolución de explosivos se realizará considerando que determinados constituyentes de los mismos no son atacados, permaneciendo sus características de detonación, y siendo necesario completar su destrucción por combustión. Otros componentes solubles son contaminantes, por lo que las aguas deberán depurarse antes de su vertido.

La destrucción de detonadores puede hacerse bien introduciéndolos en la carga de columna de un barreno, bien en un hornillo excavado en el terreno, adosados a un cartucho cebo y recubierto de arena. En este último caso se tomarán precauciones ante posibles proyecciones de metralla.

No se podrán iniciar los trabajos de carga del material volado hasta que el responsable de la voladura autorice la entrada en la zona volada. En caso de duda sobre la presencia de explosivo no detonado se dará cuenta al Director Facultativo para que tome las medidas oportunas,

señalizando convenientemente la zona de seguridad.

## **4 PLIEGO DE CONDICIONES**

### **4.1 OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS**

#### ***4.1.1 Constructora***

La Empresa Constructora está obligada a cumplir las directrices contenidas en el Estudio de Seguridad, y los Reales Decretos R.D. 1627/1997 y 1389/1997, y elaborará un plan de seguridad y salud en el que se desarrollen y complementen las previsiones de este estudio en función de los métodos de trabajo a aplicar.

La Empresa pondrá a disposición de sus trabajadores todo el material de seguridad necesario a cada puesto de trabajo, según preceptúa el Artículo 170 de la Ordenanza Laboral de la Construcción. Así mismo velará por un buen estado de conservación, haciendo las oportunas inspecciones y reposiciones.

La Empresa Constructora tendrá la obligación de hacer cumplir a su personal, todas las normas dadas en materia de seguridad y obligará a utilizar todo el material de seguridad necesario para realizar el trabajo, cubriendo al máximo la integridad física de los trabajadores. para ello si fuese necesario, utilizará las facultades legales que le confiere el Artículo 159 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Será preceptivo en la obra que los técnicos responsables dispongan de cobertura en materia de responsabilidad civil profesional; asimismo el Contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia.

#### ***4.1.2. Dirección Facultativa***

La Dirección Facultativa velará por la aprobación del Plan de Seguridad previo al inicio de la obra.

#### ***4.1.3. Jefe de Equipo***

El Jefe de equipo será el responsable máximo de hacer cumplir todas las normas de Seguridad y Salud a todos los empleados de su empresa y de las empresas subcontratadas.

#### ***4.1.4. Coordinador de Seguridad y Salud***

La Empresa Constructora nombrará una persona que ejerza las funciones de Coordinación de Seguridad y Salud, cuyas funciones serán las reglamentarias estipuladas en la Ordenanza General de Seguridad en el Trabajo.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

a) Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad:

Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos

trabajos, fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultáneamente o sucesivamente.

Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.

b) Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva según se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 de este Real Decreto.

c) Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

d) Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

e) Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.

f) Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

## **4.2 OTRAS ACTUACIONES EN MATERIA DE SEGURIDAD**

### ***4.2.1 Control de entrega de prendas de protección personal***

Cada trabajador que reciba prendas de protección personal firmará un documento justificativo de su recepción. En dicho documento constará el tipo y número de prendas entregadas, así como la fecha de dicha entrega y se especificará la obligatoriedad de su uso para los trabajos que en dicho documento se especifique.

### ***4.2.2 Formación del personal***

Se impartirá al personal de obra al comienzo de la misma y posteriormente charlas sobre Seguridad e Higiene, referidas a los riesgos inherentes a la obra en general.

Se impartirán charlas específicas al personal de diferentes gremios intermitentes en la obra, con explicación de los riesgos existentes y normas y medidas preventivas a utilizar.

### ***4.2.3 Condiciones de los medios de protección***

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva tendrán fijado un período de vida útil, desechándose a su término.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en un determinado equipo o prenda, se repondrá el mismo, independientemente de la duración prevista o de la fecha de entrega.

Toda prenda o equipo que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente) será desechado y repuesto.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holgura o tolerancia de las admitidas por el fabricante, serán repuestas de inmediato.

El uso de una prenda o equipo de protección, nunca representará un riesgo en sí mismo. Las protecciones personales se ajustarán a las Normas de homologación de medios de protección personal (O.M. 17-5-74) (B.O.E. 29-5-74).

En los casos en que no exista Norma de homologación oficial, serán de calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

#### **4.2.4 Instalaciones médicas**

Se dotarán a la obra de botiquines estratégicamente distribuidos y debidamente dotados, que se revisarán periódicamente reponiéndose lo consumido.

Deberá haber en los distintos tajos, algún trabajador que conozca las técnicas de Socorrismo y Primeros Auxilios, impartándose cursillos en caso necesario.

### **4.3 CONDICIONES GENERALES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN**

#### **4.3.1 Protecciones personales**

Todas las prendas de protección individual de los operarios o elementos de protección colectiva tendrán fijado un período de vida útil, desechándose a su término. Todo elemento de protección personal se ajustará a las Normas UNE, siempre que exista Norma.

En los casos que no exista Norma de Homologación oficial, serán de calidad adecuada a las prestaciones respectivas que se les pide para lo que se pedirá al fabricante informe de los ensayos realizados.

Cuando por circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido, por ejemplo por un accidente, será desechado y repuesto al momento.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holguras o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una prenda o equipo de protección, nunca representará un riesgo en sí mismo.

La distribución de los EPI debe ser personalizada, ya que deben ajustarse a las características anatómicas de cada trabajador. Cada usuario debe ser instruido sobre las características de los equipos que se le entregan, siguiendo las indicaciones que se le han dado al respecto, y debe ser responsable de su mantenimiento y conservación.

Es imprescindible la intervención del Servicio Técnico de Prevención en el proceso que va

desde la elección hasta la correcta utilización o conservación del EPI para conseguir resultados óptimos del equipo necesario ante un riesgo.

El Servicio de Prevención debe estar al corriente de los problemas que se presentan en la utilización de protecciones personales y de la forma correcta de utilización. El Servicio de Prevención debe controlar que no hay excepciones en las zonas en las que el uso de los EPI sea obligado.

Todo elemento de protección individual, se ajustará al R.D. 1407/92, de 20 de Noviembre, y sus instrucciones complementarias que lo desarrollan. Dichos equipos tendrán el marcado "CE". Así mismo se cumplirá el R.D. 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la elección y utilización por los trabajadores en el trabajo.

#### **4.3.2 Empleo de protecciones personales.**

- Protección de la cabeza.
  - Casco de seguridad no metálico para todas las personas que trabajen en la obra y para los visitantes.
  - Mascarilla autofiltrante.
  - Auriculares o tapones antirruído.
- Protecciones del cuerpo
  - Monos o buzos de trabajo.
  - Traje impermeable.
  - chaleco reflectante.
- Protecciones de las extremidades superiores.
  - Guantes de P.V.C. de uso general.
  - Guantes de serraje de uso general.
  - Guantes de cuero para manejo de maquinaria o útiles
- Protecciones de las extremidades inferiores.
  - Botas impermeables.
  - Botas de seguridad para carga, descarga y manejo de materiales pesados contra riesgos mecánicos.

### **4.4 PROTECCIONES COLECTIVAS**

#### **4.4.1 Equipos de Protección Colectiva**

Las protecciones colectivas y elementos de señalización se ajustarán a la normativa vigente, y en particular cumplirán los siguientes requisitos:

## Control del polvo en las perforaciones

Para el control de polvos en las perforaciones, se tenderá a emplear equipos de perforación con captadores de polvo (campana de aspiración, manguera flexible, ciclón de separador de partículas gruesas, filtro para las finas, etc.), en todas aquellas zonas que a estimación de la Dirección de Obra y de acuerdo a la proximidad a zonas habitadas se aconsejen como convenientes.

El polvo podrá ser recogido en bolsas o depositarse en la superficie del terreno en pequeños montones.

## Medidas a realizar sobre los vehículos de obra para minimizar la emisión de gases contaminantes

Al objeto de reducir los contaminantes gaseosos en los vehículos de obra se empleará en su caso un sistema de reducción catalítica no selectiva que consiste en hacer reaccionar los óxidos de nitrógeno y el oxígeno contenidos en los gases de escape con el monóxido de carbono y los hidrocarburos no quemados presentes en el gas para formar nitrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua. Los vehículos de cilindrada media tendrán suficiente con un catalizador de oxidación (platino-paladio).

Respecto a las medidas de conservación y mantenimiento de la maquina varia de obra, cabe citar entre ellas:

- Periódicamente cada jornada
  - La comprobación del nivel de aceite en el cárter y reposición en caso necesario. Si el consumo es elevado se hará cada 5 horas.
  - Limpieza del filtro de aire.
  - Limpieza del orificio de respiración del depósito de combustible.
  - Comprobación del nivel de agua del radiador, si el consumo es alto, revisión del sistema.
  - Engrase de rodamientos en los cubos de las ruedas delanteras.
- Cada semana
  - Engrase general (regulador, palancas, varillaje, eje mariposa del carburador, etc.).
  - Desmonte del filtro de aire y lavado.
  - Limpieza y engrase de los bornes de la batería y comprobación del líquido añadiendo si procede agua destilada.
  - Limpieza y lavado de las cadenas tractoras.
  - Purga de sedimentos de gasoil en la bomba de inyección de los diesel.
  - En las orugas, engrase de apoyos, rodillos, cojinetes y resortes.

- Cada 250 horas.
  - Cambio de aceite del motor
  - Limpieza del filtro de aceite.
  - En los diesel, lavar el elemento filtrante del filtro de gasoil; limpieza del depósito de combustible y cambio del aceite en la bomba de inyección.
- Cada 400 horas:
  - Renovar el elemento filtrante del filtro de gasoil en los Diesel.
- Cada 800 horas
  - Revisión del equipo de inyección limpieza del avance automático en los motores (le explosión y lavado del radiador con sosa o desincrustante).

## **5 DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN**

- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores en las actividades mineras
- Real Decreto 555/1986, de 21 de Febrero, por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo en los proyectos de edificación y obras públicas.
- Real Decreto 84/1990 de 19 de Enero, por el que se modifica el Real Decreto 555/1986, de 21 de Febrero sobre obligatoriedad de un Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo en los proyectos de edificación y obras públicas.
- Orden de 9 de Marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Orden de 28 de Agosto de 1970 por la que se aprueba la Ordenanza de Trabajo de la construcción, vidrio y cerámica.
- Ley 8/1980, de 1 de Marzo, del Estatuto de los Trabajadores.
- Real Decreto 863/1985, de 2 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera. Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Decreto 2414/1961, de 30 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de



equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

- o 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.

Demás disposiciones oficiales relativas a la Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo que puedan afectar a los trabajos que se realicen en la obra.

El presente documento de Seguridad y Salud, ha sido redactado para dar cumplimiento al R.D 1389/87 (BOE 7/10/97).

Oviedo, 12 de mayo de 2017

**El Ingeniero de Minas**

**Firmado: Cristóbal Lombardía Fernández**

**Nº de Colegiado 1072 NO**