



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**PROYECTO DE EXCAVACIÓN Y
SOSTENIMIENTO DE UN TÚNEL EN
CARRETERA DE RONDA (A-397).**

Alumno: Bartolomé Galey Fernández.

Tutor: Juan Miguel Martínez López.

Depto.: Ingeniería mecánica y minera.

Septiembre, 2018

ÍNDICE:

MEMORIA.

1.	Introducción.....	9
2.	Antecedentes.....	9
3.	Objetivos y alcance del proyecto.....	10
4.	Ubicación y emplazamiento.....	12
5.	Normas y reglamentación aplicable.....	13
6.	Descripción del proyecto y sus características.....	14
6.1.	Situación geológica.....	15
6.2.	Hidrogeología.....	20
6.3.	Flora y fauna.....	21
6.4.	Clasificación geomecánica del macizo.....	22
6.4.1	Clasificación de Bieniawski.....	22
6.4.2	Clasificación de Barton.....	24
6.5.	Sismicidad.....	25
6.6.	Estudio geotécnico.....	27
7.	Proceso de construcción y sostenimiento del túnel.....	27
7.1.	Características geométricas de la obra.....	29
7.1.1.	Trazado en planta.....	29
7.1.2.	Trazado en alzado.....	31
7.1.3.	Sección transversal.....	32
7.2.	Dimensionamiento del firme.....	34
7.3.	Sistema de excavación.....	38
7.3.1.	Resistencias mecánicas.....	38
7.3.2.	Abrasividad cerchar.....	39
7.3.3.	Contenido de minerales abrasivos y coeficiente de desgaste.....	40
7.4.	Maquinaria de excavación.....	44
7.4.1.	Rozadora.....	44
7.4.2.	Retroexcavadora.....	49
7.4.3.	Pala cargadora.....	50
7.4.4.	Dumper extravial articulado.....	52
7.4.5.	Gunitadora.....	53
7.5.	Rendimientos de la excavación.....	53
7.6.	Recomendaciones sobre la partición de la sección.....	57
7.7.	Emboquille del túnel.....	58

7.7.1. Paraguas de micropilotes.....	60
7.7.2. Corona de bulones.....	62
7.7.3. Hormigón proyectado.....	63
7.8. Sostenimiento del túnel.....	64
7.8.1. Métodos empíricos de Bieniawski y Romana.....	67
7.8.2. Método Barton.....	71
7.8.3. Hormigón proyectado.....	77
7.8.4. Bulones.....	77
7.8.5. Cerchas.....	78
7.8.6. Mallazo.....	78
7.9. Revestimiento del túnel.....	78
8. Bibliografía.....	81
 ANEJO I. ESTUDIO GEOTECNICO.....	82
ANEJO II. VENTILACION.....	89
ANEJO III. ILUMINACION, DRENAJE Y ELECTRIFICACION.	112
ANEJO IV. GESTION DE RESIDUOS.....	117
ANEJO V. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.	127
ANEJO VI. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.	199
ANEJO VII. PLIEGO DE CONDICIONES.....	205
ANEJO VIII. PRESUPUESTO.	219
ANEJO IX. PLANOS.....	225

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1: plano de situación

Figura 2: plano de emplazamiento

Figura 3: geología de Málaga

Figura 4: Mapa geológico, composición litológica y cortes geológicos

Figura 5: Rocas de la unidad Blanca

Figura 6: Rocas de los Reales (peridotitas)

Figura 7: Otros tipos de roca de los Reales

Figura 8: Acuíferos

Figura 9: Mapa sísmico

Figura 10: Entrada sur

Figura 11: Entrada norte

Figura 12: Perfil de ancho de carreteras (1)

Figura 13: Perfil de ancho de carreteras (2)

Figura 14: Perfil de ancho de carreteras (3)

Figura 15: Datos proyecto ICAFIR

Figura 16: Tramo carretera en ICAFIR

Figura 17: Solicitaciones de cálculo ICAFIR: trafico

Figura 18: Solicitaciones de cálculo ICAFIR: categoría cimiento/zona térmica

Figura 19: Solicitaciones de cálculo ICAFIR: distribución de vehículos

Figura 20: Solicitaciones de cálculo ICAFIR: coeficiente de equivalencia

Figura 21: Solicitaciones de cálculo ICAFIR: resultado

Figura 22: Sección de cimiento de firme ICAFIR

Figura 23: Sección de firme bituminosos ICAFIR

Figura 24: Abaco coeficiente desgaste

Figura 25: Recomendaciones particiones y excavación

Figura 26: Abrasividad/resistencia a compresión.

Figura 27: Partes de una rozadora

Figura 28: Rozadora sandvisk MB770

Figura 29: Retroexcavadora LIEBHERR modelo R922

Figura 30: Especificaciones técnicas de la retroexcavadora

Figura 31: Modelo pala cargadora

Figura 32: Dumper articulado extravial CATERPILLAR modelo 735 C

Figura 33: Gunitadora PUTZMEISTER modelo SPM 500 WETKRET

Figura 34: Paraguas de micropilotes 1

Figura 35: Paraguas de micropilotes 2

Figura 36: Corona de bulones

Figura 37: Hormigón proyectado

Figura 38: Peligrosidad sísmica de España

Figura 39: Sostenimiento según Barton

Figura 40: Carretón electrohidráulico

Figura 41: Máquina de penetración dinámica marca ROLATEC

Figura 42: Curva granulométrica sondeo

Figura 43: Abaco de casagrande

Figura 44: Ventilación soplante

Figura 45: Ventilación aspirante

Figura 46: Tubería flexible semirígida para ventilación por aspiración e impulsión sucesivas

Figura 47: Ventilación mixta

Figura 48: Sistema de ventilación soplante

Figura 49: Potencia de la máquina-Caudal del aire

Figura 50: Labores generadoras de polvo

Figura 51: Variación del coeficiente de pérdida de carga con el número de Reynolds

Figura 52: Curvas características del túnel y del ventilador (T-V)

Figura 53: Esquema de instalación eléctrica

Figura 54: Luminaria TunLite

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Temperatura y precipitaciones de la zona del túnel

Tabla 2: Parámetros de clasificación Bieniawski

Tabla 3: Datos clasificación RMR

Tabla 4: clasificación Bieniawski para determinación del terreno

Tabla 5: Coeficiente C

Tabla 6: Datos sísmicos

Tabla 6: Características de la rozadora.

Tabla 7: Clasificación en función de la resistencia a la compresión simple

Tabla 8: Abrasividad cerchar

Tabla 9: % de sílice

Tabla 10: Rozabilidad en función de la abrasividad F

Tabla 11: Características de la rozadora.

Tabla 12: Parámetros de avance

Tabla 13: Resistencia de la roca – potencia de la cabeza de corte

Tabla 14: Rendimiento del rozado

Tabla 15: Coeficiente de eficiencia

Tabla 16: Tiempo disponible del rozado

Tabla 17: Tratamiento del talud frontal de Romana

Tabla 18: Características del paraguas

Tabla 19: Elección del nivel de proyecto de sostenimiento

Tabla 20: Calidad de macizos rocoso en relación al índice RMR según Bieniawski

Tabla 21: Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR según Romana

Tabla 22: Sostenimiento mediante índice RMR de Bieniawski

Tabla 23: Sostenimiento mediante el índice RMR de Romana

Tabla 24: RMR utilizado

Tabla 25: RMR zona sísmica

Tabla 26: Parámetros ESR

Tabla 27: Sostenimiento de Barton.

Tabla 28: Sondeos mecánicos

Tabla 29: Características máquina de penetración DPSH

Tabla 30: Ensayo penetración

Tabla 31: Ensayos de sondeos

Tabla 32: Ensayos de densidad de suelo sondeos

Tabla 33: Granulometría de suelos por tamizado sondeo

Tabla 34: Concentraciones de gases peligroso admisibles

Tabla 35: Coeficiente de pérdida de carga de las paredes

Tabla 36: Coeficiente de pérdida de caga del suelo

Tabla 37: Coeficiente de pérdida de carga en tuberías

Tabla 38: Coeficiente de fricción de las singularidades

Tabla 39: Equipos del exterior

Tabla 40: Equipos del interior

Tabla 41: Medidas preventivas y protecciones técnicas previstas

Tabla 42: Acciones a emprender

Tabla 43: Normas y medidas preventivas.

Tabla 44: Coeficientes de seguridad para el izado de personas

Tabla 45: Matriz de identificación de impactos

MEMORIA

1.INTRODUCCION.

Mediante el presente proyecto se pretende mejorar las condiciones de la carretera A-397 mediante la construcción de un nuevo túnel que haga desaparecer una curva peligrosa de su trazado y así mejorar la seguridad vial de esta carretera en el término de Igualaja.

2.ANTECEDENTES.

Los antecedentes que llevan a plantear el siguiente proyecto son los siguientes:

- La existencia de un trazado con abundantes curvas que hace incomodo el transcurso de la misma carretera por los vehículos.
- La existencia de curvas peligrosas y con poca visibilidad siendo estas zonas peligrosas para la conducción.
- Otro aspecto a tener en cuenta es que con el diseño del túnel pretendemos disminuir el impacto medioambiental que produce el paso de vehículos por la A-397.
- Debido a esto el viejo trazado con los años quedaría repoblado de flora y fauna de nuevo.

Esta carretera cuenta con un total de 48,65 km de longitud los cuales están plagados de curvas con un IMD de 4115 veh/día y un 6% de tráfico pesado en el año 2016. Siendo nuestro túnel de 485,4 m.

El punto inicial está a una cota de 1056 m y el punto final está a 1054 m de cota, el monte atravesado llega hasta una cota de 1170 m teniendo 112 m de altura en la parte más alta, la pendiente es de 0,4%.

En España según la norma 3.1-IC la altura mínima de túneles de carreteras es de 4,5 m (altura máxima permitida de los vehículos) y 4,75 en autopistas y autovías. Se recomienda además disponer de una reserva de 10 cm para prever futuros refuerzos del firme y otros 10 por seguridad en caso de falso techo, por esto nuestro galibo será de 5 m mirando a futuro por si esta carretera llegara a convertirse en autovía/autopista. Por otro lado tenemos 3 m, donde introduciremos iluminación y ventilación, con esto tendremos una altura total de 8 m. Nuestra carretera es una vía de doble sentido en la cual tendremos una anchura de carril de 3,5m con una anchura de arcén de 0,6 m

y un acerado de 0,75 m, además tendremos 0,3 m de hormigón en el revestimiento y 0,2 m de gunitado para el sostenimiento del túnel, sumándolos tendremos un ancho total de 10,7 m y para finalizar nuestra área es de 77,5 m².

El terreno en el que nos encontramos es principalmente de peridotitas las cuales presentan un bandeamiento que da a la roca un aspecto estratificado. Encajadas en las peridotitas a modo de filones o masas irregulares encontramos rocas ígneas ácidas de composición variable (feldespato potásico, plagioclasas, cuarzo, micas y como minerales accesorios grafito, titánica y turmalina).

Respecto a la peligrosidad de la carretera en el año 2012 se registraron 3 accidentes con 4 heridos y en 2014 hubo 3 accidentes con 5 heridos, lo cual nos hace querer estudiar la viabilidad de este túnel para reducir estos accidentes a 0.

3. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO.

El propósito de este proyecto consiste en la ejecución de un túnel para la eliminación de una curva peligrosa en la carretera A-397.

Lo que pretendemos es lo siguiente:

- Eliminar una curva peligrosa.
- Reducción del número de accidentes en dicha curva.
- La reducción del tiempo de recorrido.
- Mejorar el acceso entre Ronda y San Pedro de Alcántara.

Este proyecto pretende definir de forma clara y concisa los trabajos a realizar para la construcción de un túnel carretero en la A-397 entre los PK 22 al 23.

Para la realización del proyecto se estudiara lo siguiente:

- estudio geológico.
- estudio geotécnico.
- Descripción del trazado.
- Justificación del método elegido.
- Método constructivo y sostenimiento.
- Calculo de la ventilación, instalaciones eléctricas y drenaje durante la obra.
- Calculo del presupuesto.

Para la definición del método de excavación utilizaremos Romana mediante la obtención del RMR y el diagrama de Gehring y para el sostenimiento utilizaremos el método empírico de clasificación rocosa de Barton.

Por ultimo realizaremos una descripción de las conclusiones del presupuesto, desde un punto de vista general. De este modo analizaremos las condiciones de seguridad y salud y además la gestión de residuos requeridos en este tipo de obra.

4. UBICACIÓN O EMPLAZAMIENTO.

Nuestro túnel se sitúa en la comunidad autónoma de Andalucía, dentro de la provincia de Málaga, en el término municipal de Igualeja entre los municipios de Ronda y San pedro de alcántara. Más concretamente en la A-397 entre el PK 22 y 23.



Figura 1. Plano de situación

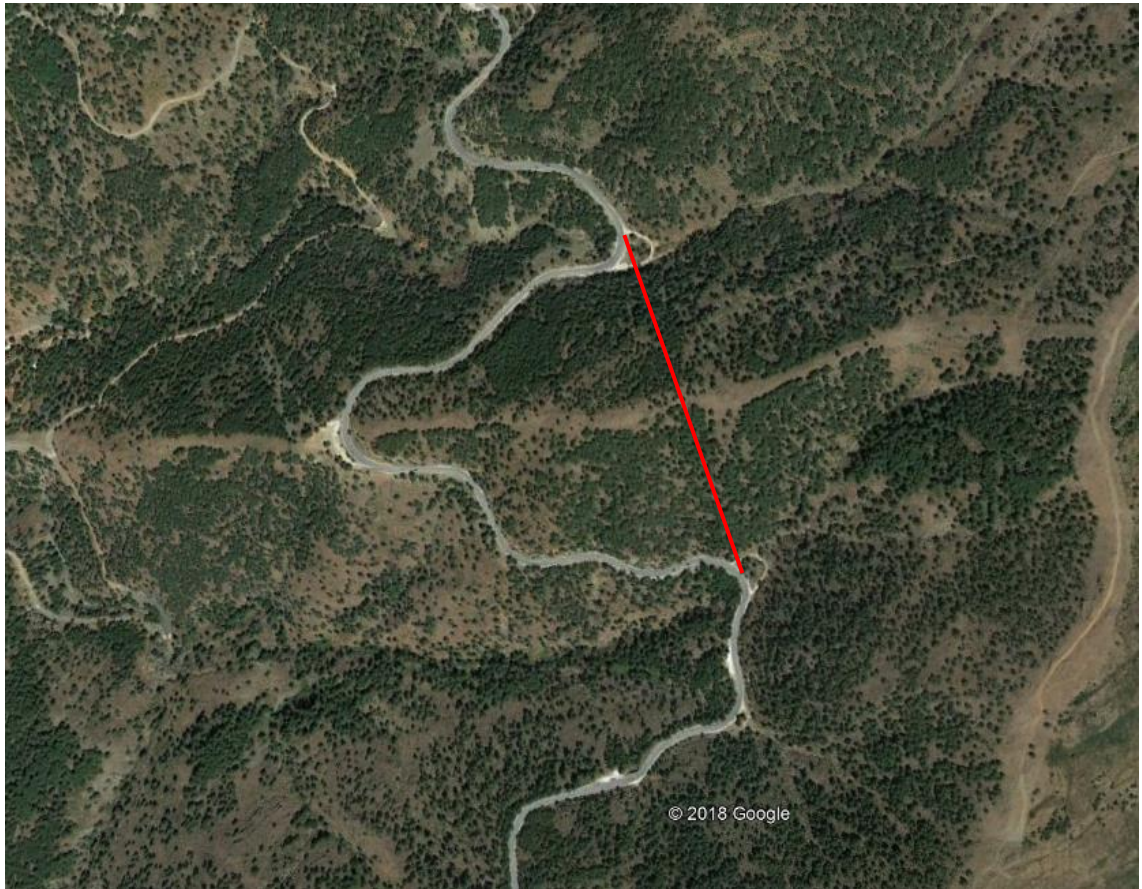


Figura 2. Plano de emplazamiento

5. NORMAS O REGLAMENTACION APLICABLE.

La normativa que emplearemos en nuestro proyecto será la siguiente:

- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la ley de contratos de las administraciones públicas.
- Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.
- Requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado (RD 635/2006).
- Manual de explotación de los túneles de la RCE (OC 33/2013).
- Metodología de inspección de túneles (OC 27/2008).
- Metodología de análisis de riesgo en túneles de la Red de Carreteras del Estado (Resolución 30/05/2012).
- Instrucciones complementarias para la utilización de elementos auxiliares de obra en la construcción de túneles (NS 2/2006).

- Adaptación al Real Decreto 635/2006, sobre requisitos mínimos de seguridad en túneles de carreteras del Estado (NS 3/2206).
- Instrucción de Carreteras Norma 3,1-IC Trazado, según Orden de 27 de diciembre de 1999.
- Instrucción 5,2-IC Drenaje Superficial, según Orden de 14 de mayo de 1990.
- Orden Circular 17/2003, sobre Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera.
- El Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se prueba la “Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)”.
- Recomendaciones para el Proyecto de intersecciones del Ministerio de Fomento.
- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Publicas.
- Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley 25/1988, de Carreteras.
- Recomendaciones para la elaboración de los estudios de Seguridad y Salud en las obras de carreteras (2002).

6. DESCRIPCION DEL PROYECTO Y SUS CARACTERISTICAS.

La idea de la obra consiste en un túnel carretero de doble vía, con la misma a la que está vinculada, la carretera A-397.

Para poder hacerse un buen diseño del túnel han de abordarse las rectificaciones de los tramos previos y posteriores al túnel de la carretera para adecuar el trazado y la alineación. Deben ser rectificadas, pero a efectos de este proyecto no los consideraremos en cuanto a su cálculo y diseño.

El túnel se encuentra en los siguientes puntos kilométricos: Pk 21,8 al pk 22,285 de la A-397. La longitud del túnel será de 485,4 m y nuestra sección de excavación es de 77,5 m².

La excavación de la galería se realizara mediante perforación por rozadora que veremos más adelante.

6.1. Situación geológica.

La geología se parte del documento geología-Málaga indicado en la bibliografía en el cual veremos la zona geológica en la que se encuentra nuestro túnel el cual está en la zona interna más concretamente en el complejo de los alpujarrides.

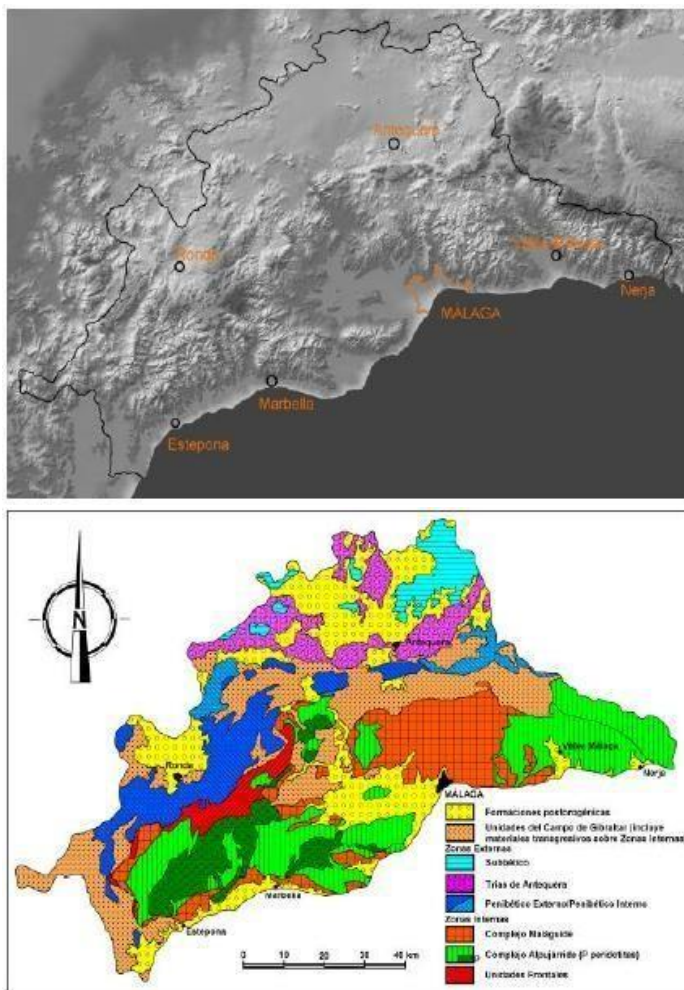


Figura 3. Geología de Málaga

En la parte occidental de la provincia de Málaga, los alpujarrides presentan características particulares que los diferencian de los del resto de la cordillera bética. Las particularidades derivan esencialmente de la existencia de un importante volumen de peridotitas procedentes de zonas profundas del interior de la Tierra, que intruyen en la corteza y que ascienden tectónicamente hasta la superficie.

Este hecho somete a altas temperaturas y presiones al resto de rocas. El resultado es una transformación metamórfica de las rocas y a veces es tan fuerte que en muchos puntos ya no es posible distinguir el zocalo de la cobertera.

En los alpujarrides occidentales se pueden distinguir dos unidades superpuestas tectónicamente: la unidad blanca en la parte inferior y sobre ella la unidad de los reales.

Siendo la imagen A el mapa geológico de la parte occidental de la provincia de Málaga, diferenciando las unidades alpujarrides en la región: Blanca y Los Reales.

La imagen B sería la composición litológica representativa y dispositivo tectónico general entre ambas unidades alpujarrides.

La imagen C son los cortes geológicos representativos en el mapa geológico.

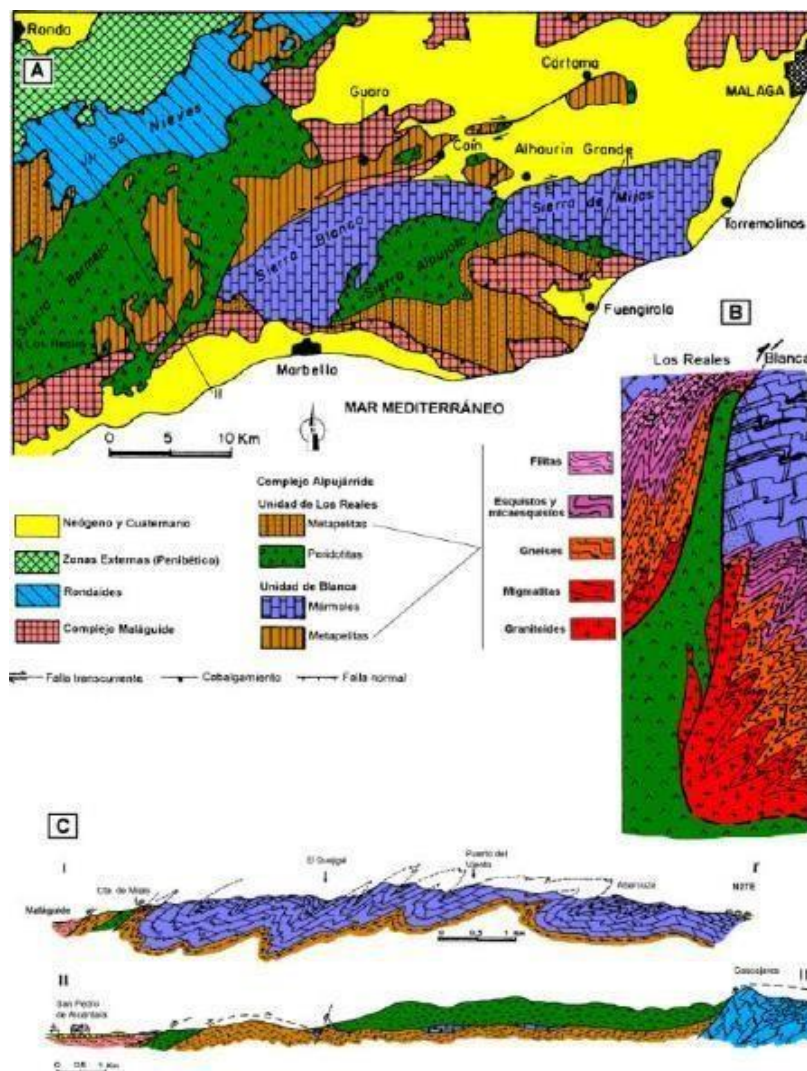


Figura 4. Mapa geológico, composición litológica y cortes geológicos

Vamos a ver ahora con más detenimiento la unidad blanca y la de los reales las cuales forman nuestra zona del túnel.

- **Unidad Blanca:** constituye el elemento tectónico inferior de la zona interna en el sector occidental de la cordillera.

Los principales afloramientos de la unidad blanca constituyen las elevaciones de sierra Blanca, sierra de Mijas y sierra de Cártama. Otros afloramientos importantes pueden observarse al norte de Benahabís, siguiendo el valle del río Guadiza y al sur de sierra Alpujata desde Benalmádena hasta Ojen.

Litológicamente, en la unidad blanca se puede encontrar dos grandes conjuntos de rocas: uno formado por formaciones de esquistos y otro por mármoles. La deformación de ambos conjuntos es muy intensa, pues las altas temperaturas y presiones que han actuado sobre ellos, sobrepasando en algunos puntos las condiciones de fusión, han proporcionado comportamientos extremadamente plásticos y con mucha frecuencia la inversión de las series.

El conjunto de esquistos está formado por rocas metamórficas de alto grado y puede llegar a alcanzar espesores de varios cientos de metros. En zonas próximas a las peridotitas se pueden observar gneises, migmatitas y enclaves graníticos los cuales corresponden a masas de rocas que llegaron a sufrir anatexia. En las zonas alejadas de las peridotitas podemos encontrar micaesquistos, cuarzoesquistos y cuarcitas con intercalaciones de mármoles y de anfibolitas.

El conjunto de los mármoles. El paso de esquistos a mármoles sucede transicionalmente a través de un tramo generalmente poco potente en el que alternan ambas litologías. Por encima, se encuentra un potente tramo de mármoles dolomíticos masivos muy puros, blancos y de aspecto sacaroide. En zonas próximas a las peridotitas, los cristales de dolomita se disgregan, dando lugar a una arena blanca en la que cada grano es un cristal de dolomita. La parte alta del conjunto carbonatado está constituida por mármoles calizos de tonos más azulados, con intercalaciones esquistos y calcoesquistosas.



Figura 5. Rocas de la unidad Blanca

Imagen de la izquierda son los esquistos con cuarcitas mientras que la imagen de la derecha es los marmoles blancos dolomíticos.

- **Unidad de los Reales:** es el manto tectónico más alto de los Alpujarrides occidentales. Está constituido por masas de peridotitas y las rocas metamórficas que las envuelven.

Las peridotitas afloran extensamente en el macizo de sierra Bermeja, en sierra Alpujata y en la sierra de Aguas. Todos los afloramientos de peridotitas aparecen ligados a la unidad de los Reales, pero no se descarta que en profundidad, la base de la unidad Blanca también está constituida por peridotitas.

En los afloramientos, las peridotitas aparecen con una costra superficial constituida por óxidos ferruginosos y magnésicos producidos por la alteración meteórica. Esta costra da una tonalidad general pardo-rojizo a los afloramientos. En corte fresco, con la roca sin alterar, los colores son muy oscuro, negros o verdes, correspondientes al olivino y a los piroxenos que son los minerales fundamentales de las peridotitas.

Las peridotitas presentan un bandeamiento que da a la roca un aspecto estratificado. Este bandeamiento parece estar ligado a la variable concentración de minerales por capas en el momento de la consolidación, podría ser utilizado para recomponer la estructuración tectónica.

Encajadas en las peridotitas, bien a modo de filones bien como masas irregulares aparecen rocas ígneas ácidas de composición variable, fácilmente detectables en el paisaje por sus tonos claros que destacan entre el verdoso o rojizo superficial de la peridotita (la que hay en la carretera de ronda que es nuestro caso). Están constituidas por feldespato potásico, plagioclasas, cuarzo, micas y como minerales accesorios, grafito, turmalina y titanita. Estas rocas parecen provenir de la fusión de las rocas esquistosas adyacentes a las peridotitas que se han inyectado en la propia masa peridotítica, aprovechando zonas de fracturación incipiente.



Figura 6. Rocas de los Reales (peridotitas)

Peridotitas a nivel de afloramiento en carretera de Ronda.

Las rocas metamórficas en las que se encajaron las peridotitas están hoy día desmanteladas en su mayor parte, pero pueden observarse restos aun rodeando a algunos afloramientos.

Dentro del conjunto de rocas metamórficas, la parte próxima a las masas peridotitas está constituida por migmatitas, gneises, micaesquistos y cuarcitas, generalmente de colores pardos y probablemente de edad paleozoica; adyacentes a las peridotitas en una banda más o menos ancha, se encuentran migmatitas y gneises bandeados que contienen grandes cristales de feldespatos. Alejándose de las peridotitas aparecen gneises de grano fino y micaesquistos con intercalaciones de cuarcitas de tonos muy oscuros. La parte superior del conjunto metapelítico está constituida por filitas y cuarcitas con intercalaciones de calcoesquistos. A diferencia de la unidad Blanca las rocas carbonatadas están muy mal representadas en la unidad de los Reales, destacándose tan solo

los afloramientos de la región de Casares, pero en ella, la estructura es compleja y pueden estar implicadas varias unidades.



Figura 7. Otros tipos de roca de los Reales

En la imagen de la izquierda encontramos gneis bandeado y en la de la derecha encontramos filitas con cuarcitas.

6.2. Hidrogeología.

Respecto a las precipitaciones de la zona de ejecución del túnel podemos ver en la siguiente tabla las temperaturas mínimas, medias y máximas las cuales son de un clima templado y están comprendidas entre 8.3 a 23.1 °C. Además también podemos ver las precipitaciones en mm de la zona para la hora de calcular el drenaje del túnel.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	8.3	8.8	10.7	12.7	15.6	19.5	22.7	23.1	20.2	15.9	11.8	9
Temperatura mín. (°C)	3.9	4.2	6.1	7.9	10.3	13.8	16.3	16.8	14.6	11.2	7.4	5
Temperatura máx. (°C)	12.7	13.4	15.3	17.6	21	25.3	29.2	29.4	25.9	20.7	16.2	13
Temperatura media (°F)	46.9	47.8	51.3	54.9	60.1	67.1	72.9	73.6	68.4	60.6	53.2	48.2
Temperatura mín. (°F)	39.0	39.6	43.0	46.2	50.5	56.8	61.3	62.2	58.3	52.2	45.3	41.0
Temperatura máx. (°F)	54.9	56.1	59.5	63.7	69.8	77.5	84.6	84.9	78.6	69.3	61.2	55.4
Precipitación (mm)	113	103	101	61	41	13	2	5	22	69	115	118

Tabla 1. Temperatura y precipitaciones de la zona del tunel

En nuestra zona tenemos el acuífero de Sierra Blanca – Mijas que tiene una extensión próxima a los 200 km². Los afloramientos de materiales carbonatados quedan

separados por una masa de peridotita que no parece impedir la conexión hidráulica entre ellos. Sus bordes están delimitados por materiales esquistos y gneises alpujarrides y malaquides y por formaciones detriticas del Neogeno del Valle del Guadalorce.

La compleja estructura interna de estas sierras parece condicionar la existencia de barreras que dificultan la conexión hidrogeológica entre los diferentes sectores observándose saltos piezómetros que han permitido definir una serie de comportamientos cuya morfología e interrelaciones son difíciles de establecer.

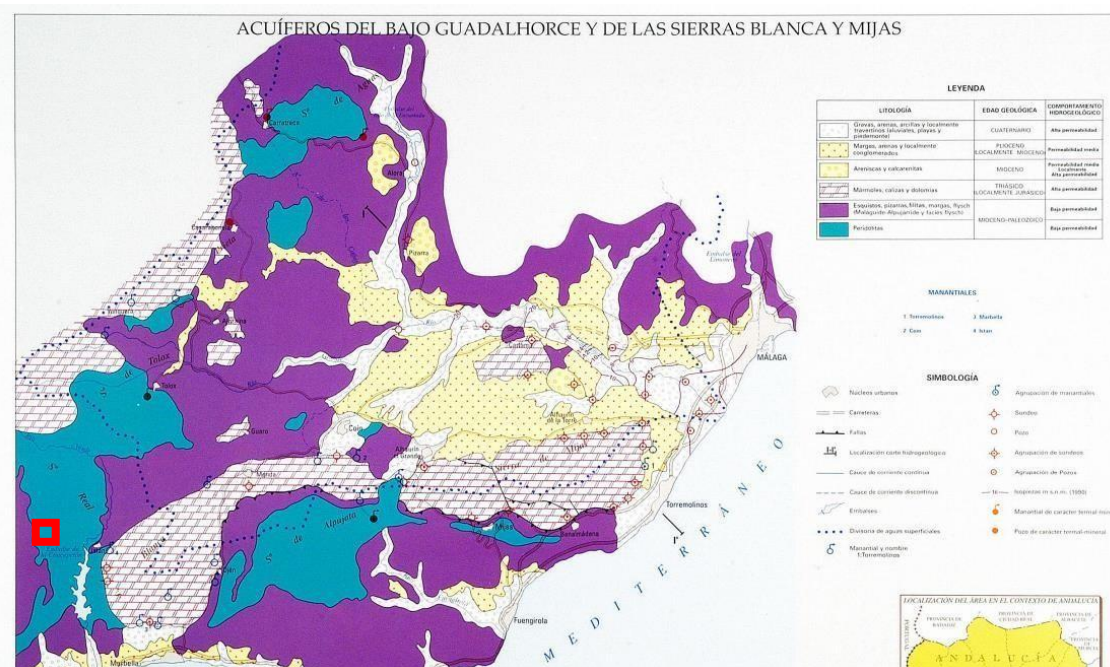


Figura 8. Acuíferos

6.3. flora y fauna.

El paraje natural Los Reales de Sierra Bermeja destaca por poseer una de las mayores extensiones donde ha aflorado, desde las entrañas de la tierra, un tipo de rocas de origen volcánico llamas peridotitas. Este material, confiere a estas sierras su característico color granate y, a su vez, le da nombre.

Estos minerales, un clima suave y un régimen especial de lluvias crean las condiciones necesarias para el crecimiento de más de 50 especies vegetales difíciles de ver en otros espacios naturales. Es el caso del *Galium viridiflorum* o *Staelina baetica*. Destacable también es la única población de pinsapos sobre peridotitas, con una extensión de 90 hectáreas y repartidas en cuatro zonas distintas. El pinsapo, un tipo de abeto, es una reliquia de un pasado glacial que, en la actualidad solo tiene presencia en algunas sierras de Cádiz y Málaga. Este se puede hallar en zonas altas mezclado con aulagas o piornos

finos, como en el caso del vértice de Los Reales, a 1450 metros de altitud. En su ascenso, pueden identificarse otras especies propias de este Paraje Natural, tales como el pino o el alcornoque, el matorral está compuesto principalmente por aulagas y madroños. Desde este enclave se podrán disfrutar de espectaculares panorámicas de la costa del sol y de los bellos pueblos serranos.

La rica vegetación de este paraje es hogar de numerosos mamíferos. Algunos de ellos son: el corzo y la gineta prefieren las zonas más espesas, mientras que el matorral lo ocupa el meloncillo y los riscos, la cabra montés. Las aves también tienen su representación con el agateador o el piquituerto. También es muy recala comunidad de rapaces, como el águila real y perdicera, el halcón peregrino o el búho real.

6.4. Clasificación geomecánica del macizo.

6.4.1. Clasificación de Bieniawski.

Para la realización de la clasificación geomecánica del macizo y para determinar el mejor uso de excavación del túnel se ha aplicado la clasificación RMR de Bieneawski.

Esta nos pide una serie de datos a los cuales se les da una puntuación y tras sumarmas todas nos dará nuestra clasificación geomecánica.

Parámetros de clasificación									
1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (MPa)		
		Compresión simple	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	< 1
2	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0
	RQD		90 %-100 %	75 %-90 %	50 %-75 %	25 %-50 %	< 25 %		
3	Puntuación		20	17	13	6	3		
	Separación entre diaclasas		> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	< 0,06 m		
4	Estado de las discontinuidades	Puntuación	20	15	10	8	5		
		Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1-1,0 mm	1-5 mm	> 5 mm		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
5	Agua freática	Puntuación	6	5	3	1	0		
		Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
Puntuación		15	10	7	4	0			
Corrección por la orientación de las discontinuidades									
Dirección y buzamiento			Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables		
Puntuación	Túneles		0	- 2	- 5	- 10	- 12		
	Cimentaciones		0	- 2	- 7	- 15	- 25		
	Taludes		0	- 5	- 25	- 50	- 60		
Clasificación									
Clase			I	II	III	IV	V		
Calidad			Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala		
Puntuación			100-81	80-61	60-41	40-21	< 20		

Tabla 2. Parámetros de clasificación Bieniawski

Tras obtener los datos por medio de estudios geotécnicos realizados en la zona deberemos calcular el RQD antes de poder calcular el RMR para ello mediremos y usaremos el largo de todos los trozos de testigo mayores o iguales a 10 cm dividido por la longitud total de la muestra. Nuestra suma es de 90 cm con lo cual obtenemos un RQD de 60%.

En la siguiente tabla podemos ver los datos obtenidos y su respectiva clasificación en la tabla del RMR.

Propiedades	datos obtenidos	Clasificación RMR
Resistencia a compresión simple en Mpa	150	12
RQD (%)	60%	13
Separación entre diaclasas en metros	0,05	5
Longitud de discontinuidades en metros	12	1
Apertura de discontinuidad en mm	3	1
Rugosidad de discontinuidades en mm	ondulada	1
Relleno de discontinuidades en mm	Relleno duro mayor de 5 mm	2
Alteración de discontinuidades en mm	Muy alterada	1
Caudal de agua cada 10 m de túnel	goteando	4
Orientación de las discontinuidades	favorable	-2

Tabla 3. Datos clasificación RMR

Tras sumarlos todos obtenemos un valor de 38 siendo la clase IV-mala.

Ya que la clasificación de Bieniaswki es muy amplia para especificar, vamos a la Clasificación de Romana, obteniendo una clasificación IVa, de mala a media.

RMR	MODIFICADO		BIENIAWSKI ORIGINAL	
	CLASE	DENOMINACIÓN	DENOMINACIÓN	CLASE
100	Ia	EXCELENTE	MUY BUENA	I
90	Ib	MUY BUENA		
80	II a	BUENA A MUY BUENA	BUENA	II
70	II b	BUENA A MEDIA		
60	III a	MEDIA A BUENA	MEDIA	III
50	III b	MEDIA A MALA		
40	IV a	MALA A MEDIA	MALA	IV
30	IV b	MALA A MUY MALA		
20	V a	MUY MALA	MUY MALA	V
10	V b	PÉSIMA		

Tabla 4. Clasificación Bieniawski para determinación del terreno

6.4.2. Clasificación de Barton.

Este método es empleado para definir el índice Q de calidad del macizo rocoso, en función principalmente del índice RQD.

- Entre 0,001 y 0,01: excepcionalmente mala
- Entre 0,01 y 0,1: extremadamente mala
- Entre 0,1 y 1: muy mala
- Entre 1 y 4: mala
- Entre 4 y 10: media
- Entre 10 y 40: buena
- Entre 40 y 100: muy buena
- Entre 100 y 400: extremadamente buena
- Entre 400 y 1.000: excepcionalmente buena

Para determinarlo mediante el RMR usaremos la siguiente expresión:

$$Q = e^{\frac{RMR-44}{9}} \quad (1)$$

Con esta ecuación nos da un $Q = 0,513$ con lo que nos iremos a la clasificación entre 0,1 y 1 siendo está muy mala.

6.5. Sismicidad.

En nuestro proyecto, donde el trazado se realiza en el término municipal de Iguala, tenemos una aceleración de unos 0,08g, la norma NCSE-02 será de obligado cumplimiento, tal y como se recoge en el artículo 1.2.3. “criterios de aplicación de la norma”, de la misma. También sabemos que nuestro coeficiente de contribución $K = 1$ obtenido del anejo 1 de la norma.

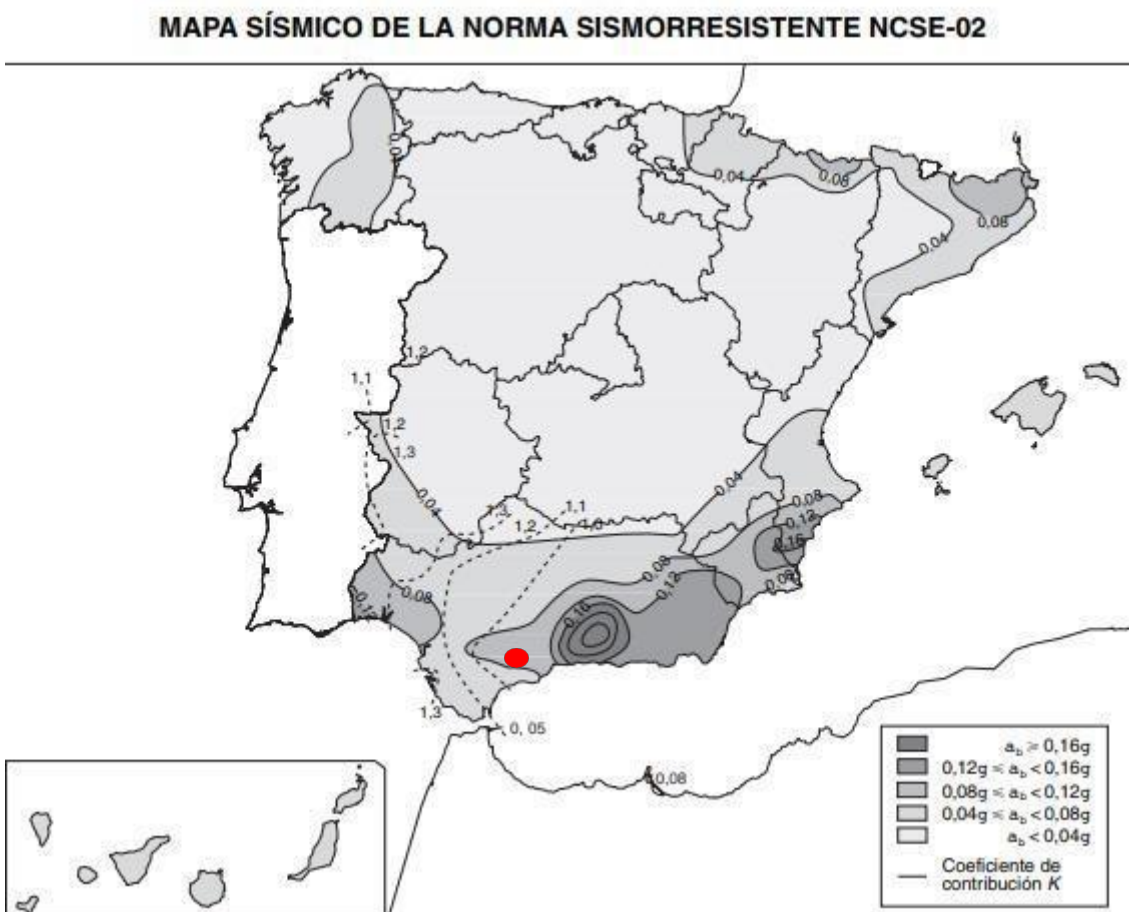


Figura 9. Mapa sísmico

Para el coeficiente del terreno la norma nos dice que:

- Terreno tipo I: roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s > 750$ m/s.
- Terreno tipo II: roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750 \text{ m/s} \geq v_s > 400 \text{ m/s}$.
- Terreno tipo III: suelo granular de compactación media, o suelo cohesivo de consistencia firme o muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq v_s > 200 \text{ m/s}$.
- Terreno tipo IV: suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s \leq 200 \text{ m/s}$.

A cada uno de estos tipos de terreno se les asigna un valor del coeficiente C de la siguiente forma:

Tipo de terreno	Coeficiente C
I	1.0
II	1.3
III	1.6
IV	2.0

Tabla 5. Coeficiente C

Para obtener el valor del coeficiente C de cálculo se determinaran los espesores e_1 , e_2 , e_3 y e_4 de terrenos de los tipos I, II, III, IV respectivamente, existentes en los primeros 30 metros bajo la superficie. Se adoptara como valor C el valor medio obtenido al ponderar los coeficientes C_i de cada estrato con su espesor en, en metros.

Como solo tenemos un material que son las peridotitas, no necesitaremos hacer una ponderación ya que nuestro terreno es tipo II obteniendo así un coeficiente C de 1.3.

A continuación obtendremos la aceleración sísmica de cálculo el cual se obtendrá con la ecuación $a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$. (2)

Donde:

- $\rho = 1$ ya que es una construcción de importancia normal.
- $S = C/1,25 = 1,04$ ya que $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$

En resumen:

Variable	Simbolo	Valor
Aceleracion sismica de calculo	ac/g	0,083
Coefficiente de contribucion	K	1
Aceleracion sismica basica	ab/g	0,08
Coefficiente de amplificacion del terreno	S	1,04
Coefficiente del terreno	C	1,3
Coefficiente de riesgo	ρ	1

Tabla 6. Datos sismicos

En conclusión con los datos obtenidos estamos en una zona sísmica como también se aprecia en la imagen del mapa sísmico por lo que tendremos un diseño sísmico para sostenimientos. Barton propone incrementar el valor del SRF en un 100%, lo que se traduce en una reducción del valor habitual de Q a la mitad.

6.6. Estudio geotécnico

El estudio geotécnico de nuestro proyecto no lo he pedido yo sino que hemos cogido uno ya hecho del término de Iguala el cual está próximo a nuestra obra y además tiene continuidad litológica siendo el terreno de peridotitas aunque en los primeros metros tenga algo de arcillas.

Este estudio geotécnico lo veremos en más profundidad en el anejo I de este proyecto.

7. PROCESO DE CONSTRUCCION Y SOSTENIMIENTO DEL TUNEL.

En este apartado veremos que procesos utilizaremos para la construcción y sostenimiento de nuestro túnel.

El trazado de la planta y el alzado del túnel dependen generalmente del trazado del resto de la carretera y de las características de esta última, con la cual se tiene que mantener una cierta homogeneidad.

La sección, para su diseño se suele tener más en cuenta aspectos propios del

mismo túnel (geología, método constructivo, instalaciones, etc.), que a datos generales de la tipología de la carretera, por lo que se puede independizar del resto de la misma.

En cuanto al diseño geométrico se suele basar en la experiencia de túneles anteriores, a partir de los que se han conseguido una serie de recomendaciones de tipo general. Cada caso concreto puede tener particularidades que condicionan a una determinada solución, que puede llegar a ser contraria a las recomendaciones generales.

La fase constructiva se iniciara con el despeje y desbroce de las boquillas de entrada y salida del túnel, acompañando esta limpieza con una estabilización de los taludes próximos con paraguas de micropilotes, hormigón proyectado, etc.

El siguiente paso será iniciar la excavación del túnel en el cual usaremos rozadoras por las razones que veremos más adelante, además la excavación la ejecutaremos en 2 fases: calota y destroza. Como lo realizamos en dos fases, primero ejecutaremos el avance o calota una vez excavada toda la sección hasta el final y sostenida esta misma ejecutaremos la destroza.

El sostenimiento lo ejecutaremos a base de bulones, hormigón proyectado, cerchas metálicas y todos los sistemas necesarios para la correcta seguridad y funcionabilidad el túnel que veremos más adelante.

Una vez ejecutada la excavación y el sostenimiento del túnel empezaremos a realizar la contra bóveda en la que colocaremos todos los sistemas de canalización de aguas y drenaje de estas.

Lo siguiente es colocar la impermeabilización del túnel mediante una doble lámina de geotextil y PVC.

Impermeabilizado lo siguiente es ejecutar el revestimiento. Utilizaremos un carro de avance que se deslizar sobre unos carriles en la banqueta. Lo que haremos será introducir hormigonado entre el encofrado y las láminas de impermeabilización. El hormigón será de alta resistencia inicial para poder avanzar más rápido.

El último paso será ejecutar las aceras, la superestructura y las instalaciones.



Figura 10. Entrada sur



Figura 11. Entrada norte

7.1. Características geométricas de la obra.

7.1.1. Trazado en planta.

Nuestro trazado en planta será una recta entre dos curvas y según la norma 3.1-I.C. nos dice que para que no se produzcan problemas con el cansancio al volante, deslumbramientos y excesos de velocidad se ponen límites a las longitudes máximas e las alineaciones rectas. Y para hacer más cómoda la circulación y adaptarse a la conducción se proponen unas longitudes mínimas de las alineaciones rectas.

Por lo que según esta normativa, en caso de presentarse el elemento recto, las longitudes mínima admisible y máxima deseable, en función de la velocidad de proyecto, serán las dadas por las expresiones siguientes:

$$\blacksquare L_{\min,s} = 1,39 * V_p \quad (4)$$

$$\blacksquare L_{\min,o} = 2,78 * V_p \quad (5)$$

$$\blacksquare L_{\max} = 16,70 * V_p \quad (6)$$

Donde:

- $L_{\min,s}$ = Longitud mínima (m) para trazados en S (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura de sentido contrario).
- $L_{\min,o}$ = Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido).
- $L_{\max}$ = Longitud máxima.
- V_p = velocidad de proyecto (Km/h)

En el caso de nuestro proyecto:

- $L_{\min,s} = 1,39 * V_p$ = no se da en este caso.
- $L_{\min,o} = 2,78 * V_p = 2,78 * 60 = 250,2 \text{ m.}$
- $L_{\max} = 16,70 * V_p = 16,70 * 60 = 1002 \text{ m.}$

Como nuestro túnel tiene 480 m está comprendido entre estos 2 valores calculados ($250,2 < 480 < 1002$).

Además de esto hemos procurado evitar puntos o zonas conflictivas. A continuación justificaremos las decisiones tomadas:

- La geotecnia local del macizo a atravesar: nuestro macizo rocoso es similar en toda la zona por lo que optaremos por un trazado en planta totalmente recto.
- La afección a obras subterráneas existentes: en nuestra zona no existen ningún tipo de obras subterráneas.
- La afección a obras exteriores existentes: siempre existirán como mínimo asientos y se tendrán en cuenta todo tipo de construcciones en la superficie para asegurar la correcta funcionalidad y servicio de las mismas.
- Los radios de curvatura máximos permitidos: en nuestro caso el túnel es totalmente recto, por lo que no existe radio de curvatura de ningún tipo.

7.1.2. Trazado en alzado

Para definir el trazado en alzado se tendrá en cuenta sobre todo la seguridad y la comodidad, en donde haya una adecuada visibilidad disponible.

Según el manual de túneles interurbanos de carretera, se debe dar una pendiente mínima de un 0,2-0,4% para evacuar las aguas procedentes del terreno.

También debemos tener en cuenta que en caso de túneles con longitud igual o menor de 500 m (que es nuestro caso) se construirá una sola inclinación de la rasante, a no ser que exista una justificación contraria.

Por otro lado es recomendable que las rampas no sean superiores al 1,5% por las razones siguientes:

- Las emisiones de gases contaminantes de los vehículos aumentan con la inclinación de la rampa y puede llegar a ser excesiva a partir del 2% de pendiente.
- Respecto a los vehículos pesados su velocidad puede reducirse excesivamente en rampas de valores superiores, lo que nos supondría un aumento de carriles y del coste.
- Otro aspecto es que cuanto mayor es la rampa, mayores son las posibilidades de que se produzcan averías de vehículos, que podrían quedar inmovilizados, que pueden provocar riesgo de colisión.
- Las pendientes descendentes son beneficiosas por las razones contrarias a las demás pero podría llegar a ser perjudicial por el efecto chimenea en caso de incendio.

Nuestro túnel tendrá una pendiente constante del 0,4% que sería el mínimo pero aun así cumpliríamos todo lo anterior. También tenemos una longitud de 480 m y lo consideraremos suficiente para que haya una adecuada evacuación de las aguas y los vehículos pesados no sufran una reducción de velocidad importante.

7.1.3. Sección transversal.

Cuando diseñamos la sección transversal debemos tener en cuenta diversos factores:

- La anchura necesaria para la circulación del tráfico.
- El galibo necesario para la circulación de vehículos.
- Las anchuras de las aceras.
- Las necesidades geométricas de las instalaciones y equipamientos del túnel.

Para determinar la longitud de la sección transversal del túnel tomaremos como referencia la norma de trazado 3.1-IC, que nos dice que para carreteras de calzada única, la sección tipo será simétrica, sin espacio para la detención de un vehículo en el arcén.

La sección mínima propuesta por la norma está definida de la manera siguiente: 2 arcenes de 1,5 m, 2 carriles de 3,5 m, 2 cunetas de 0,5 y 2 aceras de 0,9 m dando un total de 12,8 m

También tenemos los doce perfiles tipo de dos carriles a emplear según diversos casos que son los siguientes:

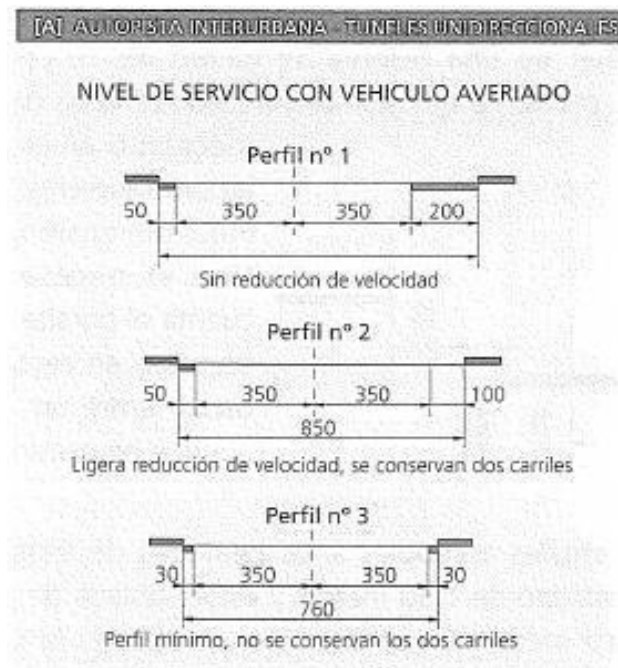


Figura 12. Perfil de ancho de carreteras (1)

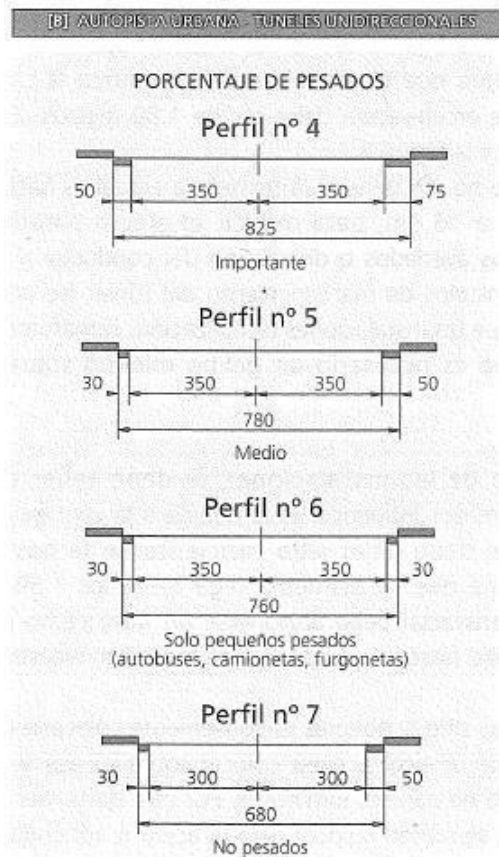


Figura 13. Perfil de ancho de carreteras (2)

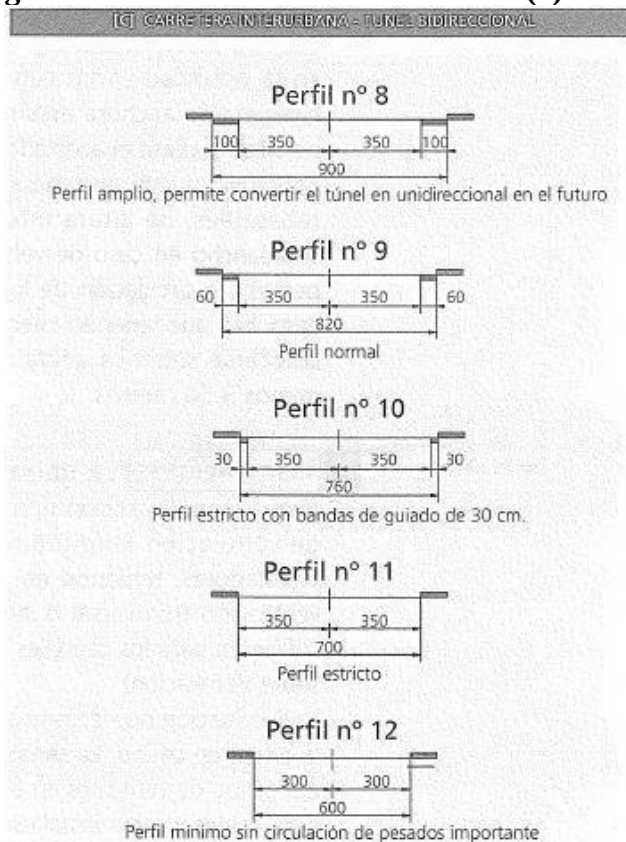


Figura 14. Perfil de ancho de carreteras (3)

En España la altura mínima del galibo es de 4,5 metros, que es la altura máxima de los vehículos, aunque para autopistas/autovías la norma 3.1-IC nos da un galibo mínimo de 4,75 metros en calzada y 4,5 m en arcones y aceras.

Además nos recomienda que dispongamos de una reserva de galibo de 10 cm para prever futuros refuerzos de firme y otros 10 cm por seguridad en caso de falso techo, que será necesario en el caso de ventilación transversal.

La sección que hemos elegido será el perfil número 9 con un galibo de 5 m para estar del lado de la seguridad aun teniendo 3 metros para instalaciones. Para la geometría de la sección del túnel optaremos por una sección ovoidal de 77,5 m², con un galibo total de 8 m y una anchura total de 10,7 m.

En el túnel se busca la sección circular, ya que es la más óptima para la estabilidad de los materiales, ya que trabajan a compresión.

7.2. Dimensionamiento del firme.

Nuestra carretera A-397, según el plan de aforos de la red principal de carreteras de Andalucía en el año 2016, nuestra carretera tiene un IMD de 4115 veh/día y un tráfico pesado del 6%.

Teniendo en cuenta estos dos datos podemos dimensionar el firme de la calzada de nuestro túnel mediante el programa ICAFIR 2006 de dimensionamiento de firmes de la agencia de obra pública de la junta de Andalucía.

Primero definiremos los datos de nuestro proyecto:



The image shows a screenshot of the ICAFIR 2006 software interface for entering project data. The form is titled 'Datos de Proyecto' and includes the following fields:

- Nombre:** proyecto de construccion del tunel de Ronda a San pedro de alcantara
- Referencia:** (empty field)
- Autor:** Bartolomé Galey Fernández
- Fecha:** miércoles, 11 de abril de 2018
- Itinerario:** P.K. 21+800 - 22+285
- Observaciones:** (empty field)

Figura 15. Datos proyecto ICAFIR

A continuación determinaremos el tramo de nuestro proyecto, es decir, los PKs entre los que realizaremos el túnel.



Figura 16. Tramo carretera en ICAFIR

Nuestro siguiente paso será determinar las solicitudes de cálculo. Para este propósito calcularemos la categoría de tráfico en función de unos parámetros.



Figura 17. Solicitaciones de cálculo ICAFIR: trafico

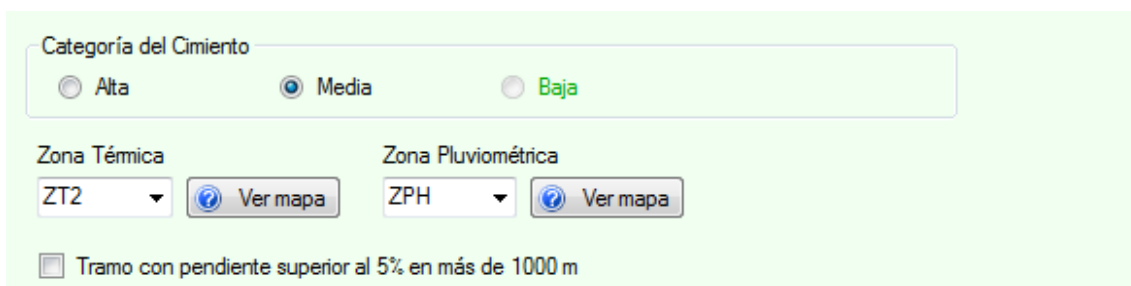


Figura 18. Solicitaciones de cálculo ICAFIR: categoría cimiento/zona térmica

Solicitaciones de cálculo

Tráfico
☐ Introducir Valores ☒ Calcular [Aforos de tráfico](#)

Tráfico Distribución de Vehículos Coeficiente de Equivalencia

Distribución de Vehículos

Carreteras de dos camiles y doble sentido de circulación:
☒ Calzada mayor de 6 m ☐ Calzada entre 5 m y 6 m ☐ Calzada menor de 5 m

Carreteras con más de un camil por sentido de circulación:
☐ 2 camiles por sentido ☐ Más de 2 camiles por sentido

Otros casos:
☐ Valor %

Figura 19. Solicitaciones de cálculo ICAFIR: distribución de vehículos

Solicitaciones de cálculo

Tráfico
☐ Introducir Valores ☒ Calcular [Aforos de tráfico](#)

Tráfico Distribución de Vehículos Coeficiente de Equivalencia

Coeficiente de Equivalencia

☒ Fime con base bituminosa o granular
☐ Fime con base tratada con cemento
☐ Fime con pavimento de homigón vibrado
☐ Valor

Figura 20. Solicitaciones de cálculo ICAFIR: coeficiente de equivalencia

Tras introducir estos datos el programa nos dará una categoría de trafico de T3A.

IMDpa	143,11	Coef. de May. de cargas (γ)	1,10
Cat. de Tráfico	T3A	Ejes Equivalentes	926.377

Figura 21. Solicitaciones de cálculo ICAFIR: resultado

Una vez averiguado nuestro tráfico, nos dispondremos a dimensionar el cimientto de nuestro firme. Para esto partiremos de los materiales que conforman nuestro suelo. Para nuestro caso tenemos una roca con un RMR de 38 que está comprendido entre 20-40.

Partiendo de esto completaremos el firme con un suelo estabilizado tipo 1 de 20 cm de espesor y entre medias colocaremos un geotextil para ayudarnos a drenar el agua del cimiento.

Sección de Cimiento de Firme. PK 21+80 al PK 22+29 Desmante

Plano de Explanada	Material	Espesor (cm)
S-EST1 (e=20 cm)	Suelo Estabilizado in situ Tipo 1	20
GE	Geotextil	N/A
ROCA - Terreno natural subyacente	Desm. en Roca Mala (RMR 21 a 40)	Indefinido

Sección válida: Deflexión 96,83 mm/100. Mód compresibilidad 148,79 MPa $\geq$ 100,00 MPa

Figura 22. Sección de cimiento de firme ICAFIR

También decir que el aviso nos quiere decir que no es recomendable pero es aceptable, ya que para que nos lo den como bueno debemos introducir un suelo estabilizado tipo 3 el cual es más caro por lo tanto escogeremos este que es más barato y nos sirve.

El último paso es dimensionar la sección del firme bituminoso. Para nuestro caso hemos decidido una opción de un suelo cemento de 29 cm con una mezcla bituminosa semidensa de 12 cm dividida en dos capas, la primera de 5 cm y la segunda de 7 cm. Como podemos observar cumple el factor de seguridad sin problemas

Sección de Firme Bituminoso. PK 21+80 al PK 22+29

	Material	Espesor (cm)
S (e=5 cm)	Mezcla Semidensa	5
S (e=7 cm)	Mezcla Semidensa	7
SC-4 (e=29 cm)	Suelocemento SC-4	29
CFM - Cimiento del firme	Cimiento del Firme Cat. Media	Indefinido

Ejes mínimos de cálculo 1.052.514
Ejes equivalentes 926.377 $= 1,14 > 1$

Figura 23. Sección de firme bituminoso ICAFIR

7.3. Sistema de excavación.

Actualmente se puede excavar un túnel de dos formas básicas:

- Excavación con voladura.
- Excavación por medios mecánicos, como tuneladoras y rozadoras.

El sistema más versátil para la excavación de roca es la voladura pero este no es el más rápido o el más eficiente en terrenos de baja calidad geotécnica (como nuestro caso $RMR = 38$). Las tuneladoras pueden alcanzar rendimientos mucho más altos que la voladura pero son mucho más caros por lo que no son rentables para túneles cortos, y mediante rozadora se pueden conseguir mejores efectividades en terrenos de baja calidad.

Las propiedades de las rocas y macizos rocosos que más información nos proporcionan sobre nuestro método de excavación más adecuado son las resistencias mecánicas y la abrasividad.

En este apartado describiremos dichas propiedades y presentaremos los resultados obtenidos. A continuación, describiremos algunos criterios empíricos de excavabilidad mecánica, que nos permiten tener una idea cualitativa previa respecto a la aplicación de determinada maquinaria susceptible de ser empleada en los túneles.

A continuación hablaremos de los parámetros geomecánicos que influyen en la excavación.

7.3.1. Resistencias mecánicas.

Estas resistencias mecánicas han sido muy empleadas para valorar la excavabilidad de las rocas. De estas, las que más nos influyen cuando vamos a excavar un macizo rocoso son la resistencia a compresión y tracción.

El valor de la resistencia a compresión simple es un criterio de valoración de la facilidad de excavación de la roca. Para esto, la ISRM (asociación internacional de mecánica de rocas) recomienda emplear la siguiente clasificación, basado en la valoración de la resistencia a compresión.

Clase resistente	Resistencia σ_c (MPa)
Muy débil	<1,25
Débil	1,25 – 5
Moderadamente débil	5 – 12,5
Moderadamente resistente	12,5 – 50
Resistente	50 – 100
Muy resistente	100 – 200
Extremadamente resistente	>200

Tabla 7. Clasificación en función de la resistencia a la compresión simple

Según los ensayos, la resistencia mecánica según el ensayo de compresión simple corresponde a 150 MPa, que se engloba en el grupo resistente (100 – 200).

7.3.2. Abrasividad cerchar.

La abrasividad cerchar se mide directamente en laboratorio. Para ello se hace recorrer lentamente sobre 10 mm de roca una aguja de acero de forma cónica, sometida a la acción de un peso de 7 kg. El índice de abrasividad Cerchar CAI, es el diámetro de la superficie circular generada en la aguja de acero.

En la tabla que incluimos a continuación, se valora la abrasividad de la roca, en función del valor de CAI:

Abrasividad Cerchar (CAI)	Abrasividad
>4,5	Extremadamente abrasiva
4,5 – 4,25	Altamente abrasiva
4,25 – 4	Abrasiva
4 – 3,5	Moderadamente abrasiva
3,5 – 2,5	Abrasividad media
2,5 – 1,2	Poco abrasiva
<1,2	Muy poco abrasiva

Tabla 8. Abrasividad cerchar

El CAI es actualmente muy empleado para estudiar la excavabilidad mecánica de túneles, ya que se ha comprobado que muestra un alto grado de correlación con el consumo

de útiles de corte en tuneladoras y rozadoras. Este índice es empleado por Gehring (1997) en su conocido criterio de excavabilidad de túneles. En nuestro caso, hemos obtenido en laboratorio un índice Cerchar de 1 de abrasividad. Por lo tanto, fijándonos en la tabla anterior, tenemos una roca muy poco abrasiva, característica de nuestra tipología de roca que nos encontramos en nuestra zona de excavación.

A partir de la resistencia a compresión y la abrasividad de la roca, se puede deducir el sistema óptimo de excavación, utilizando el diagrama de Gehring anteriormente mencionado.

El CAI es actualmente muy empleado para estudiar la excavabilidad mecánica de túneles ya que se ha comprobado que muestra un alto grado de correlación con el consumo de útiles de corte con tuneladoras y rozadoras. Este índice es empleado por Gehring (1997) en su conocido criterio de excavabilidad de túneles.

Seguido a esto vamos a determinar la rozabilidad en función de la abrasividad. Para ello tenemos:

7.3.3. Contenido de minerales abrasivos y coeficiente de desgaste.

Tipo de roca	% SiO_2
Arenisca silícea	98
Otras areniscas	80-95
Arcosas	70-80
Granito	70
Grauwacka, granodiorita	60-70
Pizarra, sienita	50-65
Basalto, gabro	50
Arcilla	40
Caliza, dolomía	2-10

Tabla 9. % de sílice

Estipulamos que nuestro contenido en sílice es de 45 % y fijándonos en datos anteriores tenemos:

- El diámetro medio de grano de cuarzo, que es igual a 0,15 mm
- La resistencia a tracción, que es igual a 5 Kg/cm²

Una vez obtenidos todos estos datos, los introduciremos en el siguiente Abaco:

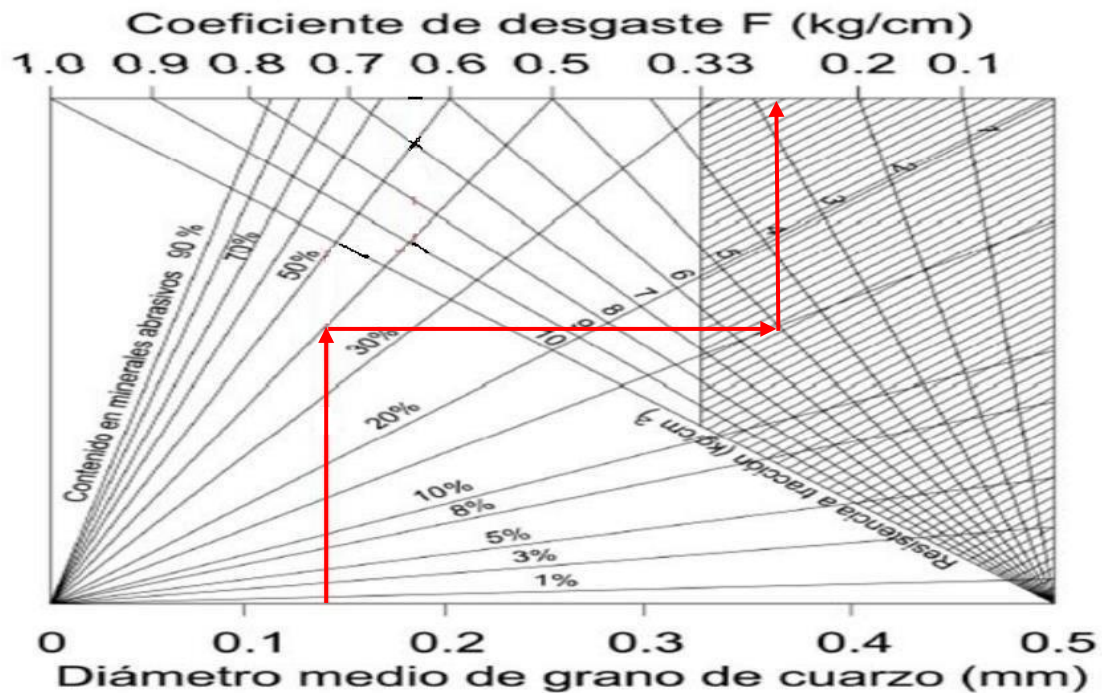


Figura 24. Abaco coeficiente desgaste

De este ábaco obtenemos un coeficiente de desgaste F de 0,26 kg/cm y a partir de la siguiente tabla obtenemos:

Abrasividad F (kp/cm) Rozabilidad

0.2 – 0.3	Muy buena
0.3 – 0.4	Buena
0.4 – 0.5	Moderada
0.5 – 0.6	Regular
0.6 – 0.8	Mala
0.8 – 1.0	Muy mala

Tabla 10. Rozabilidad en función de la abrasividad F

Nuestro valor estaría comprendido entre 0,2 – 0,3 por lo que podemos clasificarla como muy buena nuestra rozabilidad.

En la siguiente figura, obtendremos unas recomendaciones para la excavación de túneles dependiendo del RMR y de las subclases definidas en la clasificación de Romana.

RMR	CLASE	LONGITUD DE PASE (m)		PARTICIÓN DE LA SECCIÓN	MÉTODO DE EXCAVACIÓN
		MÁXIMA	RECOMENDADA		
100	I a		≥ 5	SECCIÓN COMPLETA CALOTA Y DESTROZA	TBM ABIERTO VOLADURAS ROZADORA
90	I b		≥ 5		
80	II a	16.0	≥ 5		
70	II b	9.5	4/6		
60	III a	6.0	3/4		
50	III b	4.0	2/3		
40	IV a	2.5	1/2	GALERÍA DE AVANCE GALERÍAS MÚLTIPLES CONTRABO VEDA ESCUDO FRESADO ESCARIFICACIÓN/PALA	
30	IV b	1.75	1		
20	V a	1.0	0,5/0,75		
10	V b		0,5		
0					

Notas:

- 1 La unidad para el pase es el metro (m)
- 2 El pase máximo es el límite teórico según BIENIAWSKI
- 3 El pase recomendado se refiere a la excavación en calota/avance y en caso de que exista galería de avance a la excavación de ensanche (y no a la propia galería)
- 4 Las líneas continuas indican que el método es apropiado para el intervalo y se usa frecuentemente
- 5 Las líneas de trazas indican que el método es posible para el intervalo y se usa a veces

Figura 25. Recomendaciones particiones y excavación

Según esta figura, para la realización de nuestro túnel podríamos utilizar como método de excavación:

Partición de la sección:

- Calota y destroza.
- Galería de avance.

Método de excavación:

- Voladura.
- Rozadora.
- Fresado.

Lo más habitual es usar rozadora ya que no es recomendable usar voladura para RMR menores a 40 además de que los métodos más simples serán más baratos.

Utilizando el diagrama de Gehring, el cual relaciona la resistencia a compresión simple con la abrasividad de Cerchar, obtenemos también que los métodos de excavación más recomendables sean:

- Tuneladora.
- Voladura.

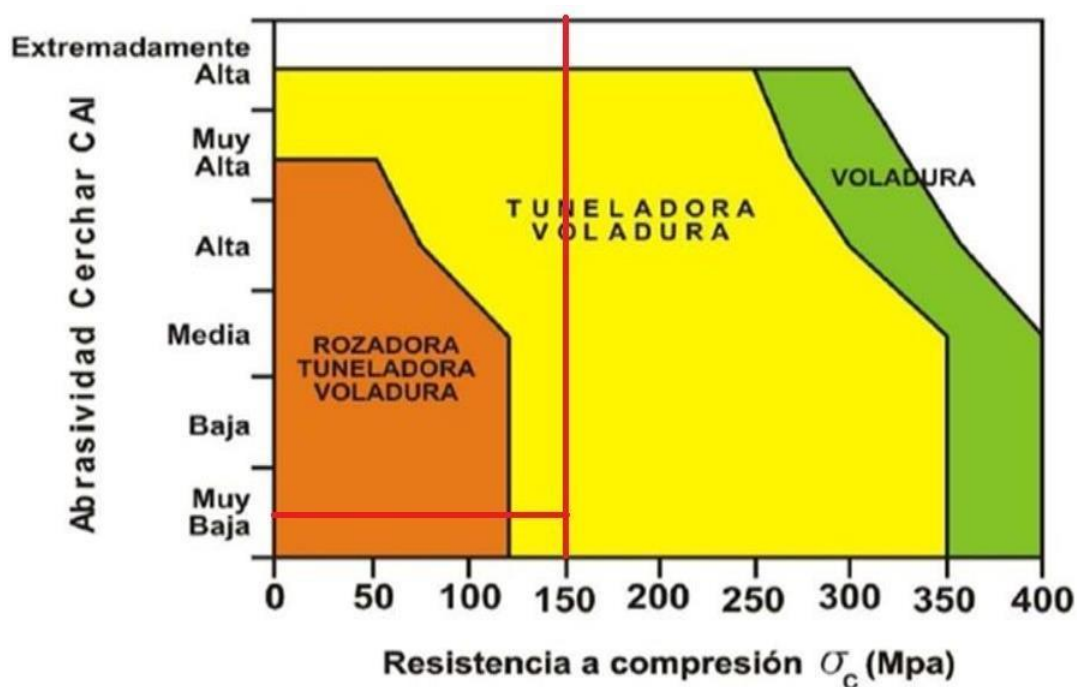


Figura 26. Abrasividad/resistencia a compresión.

Aunque nos recomiende voladura y tuneladora ninguno de los métodos son adecuados, la voladura por lo ya mencionado y la tuneladora por ser más cara y tener un túnel pequeño menor de 500 metros. Como tenemos poca abrasividad excavaremos este túnel mediante rozadora.

7.4. Maquinaria de excavación.

En este apartado hablaremos de las maquinas utilizadas para la excavacion del tunel, que son las siguientes:

- Rozadora.
- Retroexcavadora.
- Pala cargadora.
- Dumper.
- Gunitadora.

7.4.1. Rozadora.

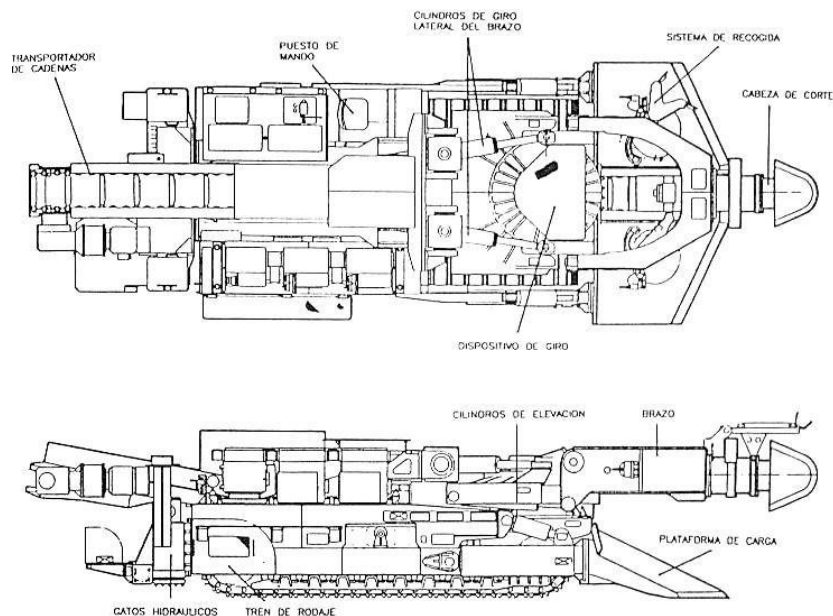


Figura 27. Partes de una rozadora

Las rozadoras son máquinas autoportantes en las que la excavación se realiza por la fricción de la cabeza de corte con el terreno. Además, tiene los elementos necesarios para recoger el material excavado y descargarlo sobre el medio auxiliar previsto para su evacuación.

La excavación mediante rozadora es bastante eficaz con rocas blandas o muy alteradas, terrenos de tránsito o suelos de cierta cohesión y estabilidad. En suelos heterogéneos tiene la ventaja de poder adecuar y dirigir el esfuerzo de la maquina a la resistencia del terreno en cada punto.

Las rozadoras presentan ventajas frente a otros sistemas mecanizados por su gran movilidad. Permiten modificar el sistema de excavación de inmediato, tanto si la maquina se ve rebasada por una excesiva dureza de la roca que obliga a emplear explosivos, como si aparecen rocas muy blandas que recomiendan pasar de excavadoras a métodos manuales. Tambien se pueden adaptar a cualquier tipo de sostenimiento.

La fuerza horizontal es ejercida por el giro del brazo mientras que la fuerza vertical es por el peso de la rozadora. Aprovecha bien el empuje en la dirección perpendicular al frente del túnel. El tipo de pica más común es la pica cónica.

Las principales ventajas que tenemos al utilizar rozadoras frente a explosivos son los siguientes:

- Es un sistema que admite alta mecanización.
- Reduce las sobre-excavaciones en relación con los explosivos.
- No altera las características iniciales de la roca.
- Reduce la cuantía del sostenimiento frente a los explosivos.
- Se adapta mejor a la ejecución de fases que otros sistemas.

Las principales ventajas de rozadoras frente a TBM son:

- Mayor flexibilidad para adaptarse a cualquier cambio de terreno.
- Se puede utilizar en un amplio abanico de secciones, tanto en su forma como en sus dimensiones.
- Su instalación es más fácil y económica.
- El porcentaje de mano de obra especializado es pequeño.
- En las rocas de mala calidad nos permite un mejor acceso al frente para efectuar trabajos de sostenimiento.
- Permite efectuar la excavación en fases, lo que es decisivo en terrenos de mala

calidad.

- El mayor rendimiento de avance de una TBM es neutralizado por la incidencia del tiempo de los trabajos de sostenimiento.

En cuanto a la cabeza de corte podemos distinguir dos sistemas de trabajo.

- **Cabeza de eje longitudinal o axial (milling).**

En este diseño, el eje de giro es perpendicular al frente de excavación, estando las picas montadas sobre una hélice dispuesta de forma similar a la de un sacacorchos.

El cabezal gira en línea con el eje del brazo soporte, por lo que la fuerza de corte se aplica lateralmente, no aprovechándose todo el peso de la maquina como fuerza de reacción.

Por ello, en las rocas duras se debe disponer de unos gatos o cilindros hidráulicos de apoyo para absorber los momentos de giro producidos por el brazo de corte.

Las velocidades de la cabeza de corte varían entre 20 y 65 rpm. Tiene la ventaja de que, al tener el cabezal dimensiones más reducidas, puede actuar en zonas estrechas. Esto supone una gran ventaja en minería, por poder arrancar el mineral en vetas estrechas sin afectar a la roca encajante.

- **Cabeza de eje transversal (ripping).**

Las cabezas giran alrededor de un eje paralelo al frente. El cabezal de corte gira perpendicularmente al brazo soporte, por lo que la fuerza de corte se aplica frontalmente, permitiendo atacar rocas de dureza alta. El par de corte es dado por el motor que acciona la cabeza de corte. La fuerza horizontal se ejerce con el giro del brazo y la fuerza vertical con el peso de la rozadora.

El par de corte y la fuerza vertical aplicados en las picas realizan surcos en la roca, mientras que la fuerza horizontal provoca la rotura de la misma entre dichos surcos.

Si la roca es blanda, las picas penetran con facilidad y varios útiles cortan simultáneamente, consiguiéndose un mayor rendimiento.

Si la roca es muy dura, solamente una pica está en contacto con el frente, aprovechando así toda la potencia del motor de corte y todo el peso de la maquina como fuerza de reacción y toda la fuerza de giro del brazo.

Debido a las formas tan diferentes que presentan estas cabezas a la hora de excavar cada una tiene sus ventajas e inconvenientes:

- Desde el punto de vista de la estabilidad, en las cabezas de eje transversal no existe casi empuje lateral, por lo que son más estables que la de eje longitudinal.
- En el eje longitudinal, si no tenemos suficiente reacción proporcionada por la fricción del tren de rodaje con las orugas será necesario que se ancle la maquina a

los hastiales. Por este motivo, si no cuenta con los cilindros horizontales, los equipos de cabeza longitudinal requerirán un 20% más de peso que los de cabeza transversal para la misma potencia de corte.

- El perfilado de las excavaciones es mejor con cabezas longitudinales que en transversales, ya que las transversales producen algunas sobre-excavaciones por su propia geometría de las cabezas por lo cual se realizara un contorno menos regular.
- Si hablamos de rendimiento, en caso de que el equipo de cabeza longitudinal se debe anclar en los hastiales, el rendimiento es un 25% menor que con cabeza transversal debido a los tiempos muertos por la operación de anclaje.
- En el caso de que las cabezas longitudinales no anclen en los hastiales estas avanzan mejor que las transversales, ya que como son más estrechas penetran muy bien en el frente y, una vez dentro de la roca, al poder cortar en cualquier dirección se pueden aprovechar las partes más débiles del macizo para la realización del arranque. Por lo tanto son más aptas para el uso de técnicas de arranque selectivo con estratos o capas de potencia media. Sin embargo, con cabezas transversales la penetración es más difícil, por lo que no suele superar los 2/3 de diámetro de las mismas. Por esto, el rendimiento de ambos equipos, con igual diámetro, es normalmente mayor con cabezas longitudinales, salvo que tengan que anclarse.

- **Elección de rozadora.**

Después de mirar varios tipos de marcas en distintos catálogos, la rozadora elegida ha sido la sandvisk. Hemos elegido esta rozadora porque se adapta a nuestras

solicitaciones tanto en potencia como en longitud y altura de brazo. Mas especifico nuestro modelo es la MB770.



Figura 28. Rozadora sandvisk MB770.

A continuación vamos a ver las características de nuestro modelo.

Technical data	
Cutter motor power	400 kW
Electric power supply	1,000 V
Ground clearance	270 mm
Ground pressure	0.3 MPa
Installed power	733 kW
Loading capacity	36 t/min
Cutting height	4,600 - 5,300 mm
Cutting width	6,700 - 7,200 mm
RPM of cutter drum	32.4 rpm
Max. tram speed	15 m/min

Tabla 11. Características de la rozadora.

Aunque es cierto que quizás la maquina es muy pesada, resultaba difícil encontrar maquinas menos pesadas que cumplieran con nuestra potencia de 321,6 Kw, pero esta cumple perfectamente nuestras especificaciones.

7.4.2. Retroexcavadora.



Figura 29. Retroexcavadora LIEBHERR modelo R922

Para la labor del emboquille es necesaria una retro. Es una maquina autopropulsada sobre cadenas siendo una maquina muy versátil y rentable en una obra.

Para decidirnos porque retroexcavadora utilizar deberemos saber que cazo mínimo necesitamos, para ello lo vamos a calcular ya que sabemos la producción diaria que es de 233,92 m³/día y el tiempo de ciclo de la retro es de 30 segundos.

$$\text{Volumen de cazo} = \text{Producción} * \text{tiempo de ciclo} \quad (3)$$

$$\text{Volumen} = (233,92 \text{ m}^3/\text{día} / 24 \text{ horas} / 3600 \text{ segundos}) * 30 \text{ segundos} = 0,08 \text{ m}^3$$

Como vemos colocando una de 1 m³ de cazo nos valdría. La elegida es el modelo R 922 Litronic de la casa LIEBHERR. A continuación mostraremos sus características

Datos técnicos

 Motor		 Mecanismo de giro	
Potencia según la norma	110 kW (150 CV) a 1.800 rpm	Accionamiento	motor hidráulico Liebherr con plato oscilante, con válvulas antichoque y anti-irración
ISO 9249	Liebherr D 834 A7	Engranajes	compacto de Liebherr con engranaje planetario
Tipo de motor	4 cilindros en línea	Corona de giro	Liebherr sellada sobre cojinetes de bolas de una fila y dientes interiores
Diámetro/Carrera	108/125 mm	Velocidad de rotación	0 - 11 rpm progresiva
Cilindrada	4,58 l	Par de rotación	71,1 kNm
Tipo de combustión	ciclo de 4 tiempos	Freno de bloqueo	de discos bañado en aceite (de efecto negativo)
Tratamiento de gases de escape catalizador de oxidación norma de emisión nivel III Opción filtro de partículas Liebherr		 Cabina del operador	
Sistema de refrigeración	refrigeración por agua y radiador de aceite integrado en el motor, refrigeración del aire de carga y refrigeración del carburante	Cabina	estructura de seguridad de la cabina ROPS con luna sencilla o partida estable en techo, faja de trabajo integrada en el techo, puerta con ventana lateral (puede abrirse hacia ambos lados), amplio espacio para almacenamiento, suspensión elástica, cristal de seguridad estratificado tintado, parasoles independientes para la luna del techo y para la luna frontal, toma de 12 V, bandejas portabebidas adicionales, compartimento para comida, portabaterías
Filtro de aire	filtro de aire seco con separador primario y elemento secundario principal	Asiento	asiento Comfort con suspensión neumática y ergonómico; suspensión vertical y opcionalmente horizontal (consolas y joystick incluidos); Aumento y reposabrazos regulables por separado o conjuntamente; calefacción de serie
Volumen del depósito de combustible	373 l	Control	integrado en las consolas de control regulables con el asiento del operador
Circuito eléctrico	24 V	Control y pantallas	pantalla en color de alta resolución, auto explicativa a través de una pantalla táctil; video; amplias posibilidades de ajuste, control y supervisión tales como p. ej., climatización, parámetros del equipo y de las herramientas
Voltaje	2 x 135 Ah/12 V	Climatización	climatización automática de serie, función de ventilación, calefacción y anti helada; todo pulsar un botón; válvulas de ventilación operables a través de menú; los filtros de aire ambiente y de aire fresco pueden cambiarse con facilidad y accesibles desde el exterior; grupo de frío y calor diseñado para resistir temperaturas exteriores extremas; sensores de radiación solar, temperatura interna y externa
Batería	24 V/5 kW	Emisión acústica	ISO 6396 L ₉₀ (interior) = 68 dB(A) L ₉₀ (exterior) = 101 dB(A)
Dispositivo de arranque	interrupción 38 V/110 A	 Chasis inferior	
Alerta automática	conexión con el sistema de control de la excavadora integrado mediante CAN-BUS para minimizar la potencia disponible	Válteres	NLC ancho de vía 2.000 mm NLC ancho de vía 2.000 mm LC ancho estándar de vía 2.380 mm
Gestión de motor	conexión con el sistema de control de la excavadora integrado mediante CAN-BUS para minimizar la potencia disponible	Accionamiento	motor hidráulico Liebherr con plato oscilante con válvulas de freno a ambos lados
 Sistema hidráulico		Engranaje reductor	compacto de Liebherr con engranaje planetario
Circuito hidráulico	Pasiv Control. Regulación con bomba doble, sistema hidráulico para una alimentación independiente y adaptado a 999 necesidades con- control por sensor. Alta dinámica de sistema y estabilidad gracias a un sistema de control integrado	Velocidad de tracción	pos. estándar - 3,2 km/h pos. rápida - 5,5 km/h
Bomba hidráulica	bomba Liebherr regulable ajustable ubicable paralela con engranajes de distribución integrados	Fuerza de tracción neta	150 kN
Filjo	3 x 190 l/min	Thin de rodaje	D 60, libre de mantenimiento
Presión primaria	350 bar	Cojinetes de rodillo	8/2
Gestión de bombas	gestión electrónica de las bombas a través del control de sistemas integrado (CAN-BUS) sincronizado con el bloque de control	Ruedas de soporte	anilladas y engrasadas de tres nervios
Capacidad del depósito	229 l	Cadenas	de discos en baño de aceite (de efecto negativo)
Capacidad del circuito hidráulico	máx. 360 l	Válteres de freno	integrados en los motores de tracción
Filtro	filtro (10 µm) en el circuito de retorno	Ganchos elevadores	integrados
Refrigeración	radiador combinado, compuesto por una unidad de refrigeración para agua, aceite hidráulico, refrigeración del aire de sobrealimentación, refrigeración de combustible, accionamiento hidráulico del ventilador	 Equipo de trabajo	
Commutador de modo	adaptación de la potencia del motor y el sistema hidráulico a las condiciones de trabajo mediante un selector de modo, por ejemplo para trabajar de modo especialmente económico y ecológico o para un rendimiento más, de excavación y aplicaciones difíciles	Diseño	combinación de láminas de acero forjado y placas de acero colado
Ajuste de número de revoluciones	adaptación sin escalonamiento de la potencia del motor mediante el número de revoluciones para cada velocidad seleccionada	Cilindros hidráulicos	cilindros Liebherr con sistema especial de sellado y de guiado y protección de fin de carrera
Tact Control	10 flujos y presiones regulables para accesorios opcionales	Cojinetes	hormigón y de mantenimiento reducido
 Control		Engrase	engrase centralizado automático (excepto brida de la cinemática de vuelco)
El control se realiza a través del sistema técnico de la excavadora integrado, módulos de Input y Output, se comunica a través de CAN-BUS con la unidad central electrónica.		Ensamblaje hidráulico	guarniciones de conductos y tubos con brida SAE
Distribución de la energía	mediante un pasador de control con válvulas de seguridad integradas	Cuchara retro	de serie con sistema de dientes Liebherr
Accionamiento	control proporcional por joystick en cruz		
Rotación y Equipamiento	control proporcional por pedales y por joystick instalable		
Tracción	control proporcional por pedales y por joystick instalable		
Funciones complementarias	control proporcional por pedales o botón manual		

Figura 30. Especificaciones técnicas de la retroexcavadora

Las características más importantes son las siguientes:

- Peso operativo: 23 toneladas.
- Potencia: 110 kW/ 150 Cv
- Capacidad de la cuchara: 0,55 – 1,45 m³

7.4.3. Pala cargadora.

Para realizar las tareas de desbroce y limpieza en el emboquille además de la carga de materiales sueltos en la fase de excavación del túnel si fuera necesario, se usa una pala cargadora.

Es una maquina autopropulsada equipada con cuchara frontal y un sistema de brazos accionado por cilindros hidráulicos, en la cual su función es:

- Cargar materiales.
- Transportarlos a distancias mínimas.

Gracias a la elevada fuerza de sus cilindros, es capaz de arrancar material en banco o perfil de no mucha consistencia.

El tiempo de ciclo es mayor que el de una retroexcavadora y además necesitan un amplio espacio de trabajo para maniobrar.



Figura 31. Modelo pala cargadora

La pala cargadora elegida es la CATERPILLER modelo 926 M. las características más importantes de esta pala cargadora son las siguientes:

- Potencia: 114 kW

- Peso: 13 toneladas.
- Cuchara: 1,9-5 m³.

7.4.4. Dumper extravial articulado.

Para la carga del material que proviene de la cinta transportadora de la rozadora, así como cualquier tarea que precise la carga de material en el frente de excavación. Son camiones muy reforzados y robustos de mayor tara (13-16 Tn) y capacidad que los basculantes normales, también son más apropiados para circular por las pistas interiores de la obra. Sirven tanto para carga de suelo o roca, es decir, todo tipo de material.

Son bastante útiles debido a su gran capacidad para maniobrar con radios de giro reducidos y malas condiciones del terreno.



Figura 32. Dumper articulado extravial CATERPILLAR modelo 735 C

Las características más importantes del dumper son las siguientes:

- Potencia: 300 kW.
- Volumen: 20,5 m³.
- Carga útil nominal: 32,7 toneladas.

7.4.5. Gunitadora.

Para realizar el gunitado del túnel utilizaremos una gunitadora. Esta máquina proyecta el hormigón que sale expulsado a alta presión por una manguera, pudiendo cubrir cualquier tipo de superficie.



Figura 33. Gunitadora PUTZMEISTER modelo SPM 500 WETKRET

La gunitadora que hemos elegido es la SPM 500 WETKRET y sus características principales son las siguientes:

- Peso: 16 toneladas.
- Alcance de pulverización: 17 m en vertical y 15 m en horizontal.
- Potencia: 75 kW.

7.5. Rendimientos de la excavacion.

Los datos proporcionados para obtener el avance son los siguientes:

Parámetro	Valor	Unidad
Resistencia a la compresión simple	150	MPa
Grado de fracturación y diaclasado	Sin corrección	-
Coefficiente de eficiencia	Solera mal, poco polvo	-
Número de horas/día	16	h
Coefficiente de tiempos muertos	normal	-
Condiciones de trabajo	optimas	-
Tipo de roca	peridotitas	-
Diámetro medio del grano de cuarzo	0,15	mm
Resistencia a tracción	5	Kg/cm ²

Tabla 12. Parámetros de avance

A partir de estos datos podemos determinar:

- Potencia de la rozadora.

La potencia viene dada por la siguiente ecuación:

$$Pot (Kw) = 0,87 * RC^{1,18} (MPa) \quad (7)$$

$$Pot (Kw) = 0,87 * 150^{1,18} = 321,6 \text{ kW}$$

Deberemos sacar la potencia mediante la siguiente tabla y hacer la media entre los dos valores. Para sacar el de la tabla tendremos que interpolar ya que tenemos 1529,57 kg/cm².

Resistencia de la roca Rc kg/cm ²	Potencia de la cabeza de corte (kw.)
200	30
300	50
400	70
500	90
600	103
700	116
800	130
900	165
1.000	200
1.200	300

Tabla 13. Resistencia de la roca – potencia de la cabeza de corte

Interpolando sacamos una potencia de 464,5 Kw.

Si hacemos la media entre los dos valores nos da una potencia de 393,05 kW en total

- Rendimiento rozadora.

Para el rendimiento lo podemos sacar con la resistencia a compresión simple y la potencia de la cabeza de corte como se muestra en la siguiente tabla.

Potencia de la cabeza de corte (KW)	Resistencia a compresión simple del terreno (MPa)					
	Rendimiento m ³ /h					
	120	100	50	30	20	8
300	23	29	50	72	94	116
200		12	29	48	67	81
110			27	27	34	46
50				12	17	41
40				6	12	35
20					3	12

Tabla 14. Rendimiento del rozado

Para una resistencia a compresión simple de 150 MPa y la potencia de cabeza de corte de 393,05 kW, interpolando obtendremos un valor del rendimiento de 25 m³/h.

Para la determinación del rendimiento de excavación definiremos los siguientes parámetros:

- **Coefficiente de eficiencia.**

Ya que tenemos unas condiciones de solera malas y con poco polvo, nos encontramos en un grado 2 y con un CE de 0,86 según la siguiente tabla:

Grado	Condiciones del trabajo	Coefficiente de eficiencia (C _E)
1	Buenas condiciones en la solera. Se produce poco polvo	1
2	Solera en malas condiciones. Poco polvo	0,86
3	Mucho polvo, a veces hay que interrumpir el trabajo	0,69
4	Solera en malas condiciones. Mucho polvo	0,52

Tabla 15. Coeficiente de eficiencia

- **Tiempo disponible para el rozado.**

Como tenemos unas condiciones óptimas de trabajo obtendremos de la siguiente tabla un valor de C_D de 85%.

C_D (%)	Condiciones de trabajo
10	Condiciones pésimas.
20	Terrenos malos con varias fases de ejecución realizadas con la misma rozadora en los que se coloca un sostenimiento sistemático importante.
50	Cuando se trabaja por un frente en una sola fase y con un sostenimiento de cuantía ligera.
85	En condiciones óptimas, sin ningún impedimento para el trabajo de la máquina (situación no real).

Tabla 16. Tiempo disponible del rozado

- **El rendimiento de excavación por día y tiempo de construcción.**

Para poder conocer el rendimiento de excavación por día vamos a utilizar la siguiente ecuación:

$$R_{EXD} = C_E * R_I * n * C_D \quad (8)$$

Siendo:

R_{EXD} : rendimiento de excavación por día ($m^3/día$).

C_E : coeficiente de eficiencia (%).

R_I : rendimiento instantáneo de excavación (m^3/h).

n : número de horas trabajadas al día ($h/día$).

C_D : coeficiente de trabajo (%).

Con nuestros datos anteriormente obtenidos calculamos un rendimiento de:

$$R_{EXD} = 0,86 * 25 * 24 * 0,85 = 438,6 \text{ } m^3/día.$$

Si dividimos este valor por la sección del túnel, obtenemos el avance diario de la obra.

$$\text{Avance diario} = E_{\text{EXD}} (\text{m}^3/\text{día}) / \text{sección} (\text{m}^2) \quad (9)$$

$$\text{Avance diario} = 438,6 (\text{m}^3/\text{día}) / 77,5 (\text{m}^2) = 5,66 \text{ m/día}.$$

Si dividimos la longitud de nuestro túnel entre el avance diario, obtendremos el tiempo de construcción.

$$\text{Tiempo de construcción} = 485,4 \text{ metros} / 5,66 \text{ m/día} = 86 \text{ días} = 2 \text{ meses y } 26 \text{ días}.$$

7.6. Recomendaciones sobre la partición de la sección.

- Sección completa (RMR > 60).

BIENIAWSKI recomienda la excavación a sección completa para las masas rocosas de buena calidad (RMR > 60). Posible a partir de RMR > 50 y recomendable (con buena mecanización) para RMR > 60.

- Sección partida en dos fases: calota y destroza (RMR > 30).

Posible (con contraboveda) para $20 < \text{RMR} < 30$ y recomendable para RMR > 30.

- Galería de avance ($10 < \text{RMR} < 40$).

Lo normal es llevar algo adelantada esa galería, aunque en cavernas de estaciones y/o hidroeléctricas puede ser útil excavar la galería en toda su longitud, como un último método de reconocimiento del terreno.

- Galerías múltiples ($0 < \text{RMR} < 30$).

Se trata del llamado método alemán (con dos o cuatro galerías excavadas previamente en los hastiales) o de métodos más complejos. Son sistemas adecuados para túneles en macizos rocosos de calidad mala a muy mala (que son una transición a los suelos), con poca cohesión y que necesitan una entibación cerrada.

- Contraboveda ($0 < \text{RMR} < 30$).

Necesaria cuando la sección puede cerrarse por la base. Es un método complementario con todos los demás, que requiere una construcción muy próxima a los frentes de excavación. Una galería de avance llevada ligeramente por adelantado puede ser útil en terrenos de calidad media y túneles de gran anchura o en terrenos de calidad mala y túneles de ancho medio (10-12 m).

En base a estas recomendaciones, el sistema de partición de la sección será el de sección partida en dos fases: calota y destroza, porque es un método simple, práctico y fácil de ejecutar. Además con nuestro $\text{RMR} = 38$ es posible llevarlo a cabo.

7.7. Emboquille del túnel.

El emboquille de los túneles es la intersección del talud y del túnel. Es un punto delicado porque presenta riesgos específicos, tanto durante su construcción como durante su explotación. Además la boquilla es la única parte del túnel visible, por lo que es imprescindible que su diseño resulte adecuado con el entorno y quede integrado en el mismo.

Para elegir el punto de emboquille se deben tener en cuenta estos criterios:

- Estética: este criterio nos llevaría a emboquillar con poca cobertura, para disminuir mejor los desmontes.
- Economía: resulta más económico el desmonte que la excavación hasta una altura de unos 30 metros.
- Estabilidad: el tipo y calidad de la roca son los criterios fundamentales para decidir el emplazamiento y la cobertura mínima, siendo dicha cobertura mínima de unos 4 metros.

La boquilla de un túnel es un punto singular tanto en el talud o ladera en que se inserta, como en el propio túnel: el talud queda siempre, de alguna manera, debilitado tanto por la extracción de material en su pie, a menudo su punto crítico, como algunas veces por las voladuras requeridas para el emboquille.

Además la boca de un túnel es un vertedero “cuello de botella” de la obra, porque todo tiene que entrar por la boquilla (personal, aire limpio, agua, energía, líneas de comunicaciones, materiales, maquinaria) o tiene que salir (escombros de la excavación, aire y agua sucios, desechos, personal, maquinaria de recogida).

En los primeros metros del túnel, debido a su mayor proximidad a la superficie, la roca está más fracturada y meteorizada, y se puede enlazar la inestabilidad del túnel con la inestabilidad del talud frontal, al tener la cobertura escaso espesor.

Además en estos tramos poco profundos, no se puede desarrollar suficientemente el efecto de corona o bóveda en los materiales que quedan por encima de la excavación, por lo que se desarrollaran fuertes tensiones tangenciales según líneas subverticales que, partiendo de los bordes de la excavación, puede agotar la resistencia al corte del terreno.

El emboquille se trata, por tanto, del primer paso de excavación conllevando una inestabilización en la pendiente del terreno, alterando el equilibrio que existe inicialmente. Es por ello que se requiere la ejecución de una serie de trabajos rápidos que permitan comenzar con la excavación en adecuadas condiciones de seguridad.

Atendiendo a las clasificaciones de Bieniaswki y Romana sobre el RMR, se propone una tabla orientativa para ejecutar de manera segura el emboquille de nuestro túnel.

CLASIFICACIÓN		EXCAVACIÓN		TRATAMIENTO DEL TALUD FRONTAL				
RMR	CLASE	PARTICIÓN DE EMBOQUILLE	PARAGUAS	BULONES			HORMIGÓN PROYECTADO e (cm)	RED / MALLA
				L (m)	b/m ²	s (m)		
100								
90	Ia	SECCIÓN COMPLETA	Opcional	No	No	No	No	Opcional
80	Ib		Opcional	3 / 4	<0,10	Ocasional	No	Si
70	IIa		Ligero	3 / 4	0,11	3 x 3	No	Si
60	IIb		Ligero o medio	3 / 4	0,25	2 x 2	Ocasional	Si
50	IIIa	CALON Y DESTROZA	Medio	4	0,44	1,5 x 1,5	Ocasional	Si
40	IIIb		Medio	4/5	0,70	1,2 x 1,2	Ocasional	Si
30	IVa		Medio	5/6	1,00	1 x 1	0,10-0,5	No
20	IVb		Pesado	6	1,50	0,8 x 0,8	0,15-0,20	Mallazo opcional
10	Va	GALERÍA CENTRAL GALERÍAS MÚLTIPLES CONTRABÓVEDA	Pesado	No	No	No	0,20-0,25	Mallazo simple o doble
0	Vb		Pesado	No	No	No	0,25-0,30	Mallazo doble

Tabla 17. Tratamiento del talud frontal de Romana

Como datos podemos observar que para nuestro macizo rocoso con un RMR de 38 y siendo su clasificación IVa, la tabla nos dice que debemos disponer un paraguas medio, bulones con una longitud entre 5 y 6 metros, sección de 1m x 1m y dispuesto 1 bulón/m². Además deberemos emplear hormigón proyectado entre 0,1 y 0,5 metros y no necesitaremos una red o malla metálica.

A continuación vamos a describir los procedimientos a seguir para el emboquille en nuestro túnel.

7.7.1. Paraguas de micropilotes.

Consiste en una serie de perforaciones en las que se introduce un tubo de acero y se rellenan con lechada de cemento. Forman radiaciones de micropilotes subhorizontales realizadas desde el frente del emboquille en torno a la excavación, o desde el interior del túnel en avance.



Figura 34. Paraguas de micropilotes 1



Figura 35. Paraguas de micropilotes 2

Los paraguas se van solapando sucesivamente, creando sobre la bóveda una especie de forjado troncocónico.

Los micropilotes trabajan a flexión, por empotramiento en el terreno más allá del frente de excavación de cada momento, de forma que sostienen el terreno en torno, o por encima de la excavación, limitando mucho sus deformaciones.

Normalmente los extremos de los paraguas de micropilotes se recogen en un anillo de hormigón en el plano de boquilla, que contornea el perímetro del túnel, de esta forma se le dota de un cierto empotramiento en ese extremo, haciendo trabajar a torsión al anillo.

Los datos para nuestro paraguas medio serán los siguientes:

Diámetro exterior	8 cm
Espesor	0,7 cm
Perforación	12 cm
Distancia entre eje de micropilote	50 cm
Longitud de paraguas	9 m

Tabla 18. Características del paraguas

7.7.2. Corona de bulones.

Para reforzar los taludes frontales se utiliza una corona de bulones, que refuerza el terreno del frente del emboquille, los alrededores y los lados de la excavación.

Los bulones proporcionan un confinamiento interno, ya que si el terreno tiende a deformarse hacia fuera, los bulones trabajan a tracción y le aportan la compresión necesaria, mediante el principio de acción y reacción.

En nuestro caso los bulones que utilizaremos tendrán una longitud de 5 o 6 metros y tendrán una separación de 1m x 1m es decir cada 1 m² nos encontraremos un bulón.



Figura 36. Corona de bulones

La longitud del bulón será de 5 m por la calidad del terreno que tenemos aunque por cálculo de una décima parte de la altura del talud nos saldría 2 m solo. El diámetro del bulón será de 3,2 cm.

7.7.3. Hormigón proyectado.

El hormigón proyectado o gunitado sistemático de los taludes no es deseable. La capa de hormigón proyectado puede dificultar el drenaje natural, aporta poca resistencia frente a un problema de inestabilidad de un talud, enmascara los síntomas iniciales de rotura por deslizamiento y tiene un mal aspecto desde un punto de vista estético.

La adherencia del hormigón a la superficie del talud puede ser escasa en algunas zonas, creando bolsas despegadas, que se rellenan de agua, produciendo grietas.

Para masas de roca de calidad mala ($RMR < 40$), el hormigón proyectado puede ser útil para prevenir la erosión. En nuestro caso se nos recomienda un hormigón proyectado entre 0,1 y 0,5 metros y en principio a no ser que se nos indique lo contrario usaremos una capa de 10 cm de hormigón proyectado.



Figura 37. Hormigón proyectado

7.8. Sostenimiento del tunel.

El sostenimiento se ha proyectado siguiendo la técnica del llamado Nuevo Método Austriaco NATM (New Austriam Tunneling Method). El nuevo Método Austriaco prevé la instalación de un sostenimiento que se coloca inmediatamente después de la excavación y saneo del avance. La finalidad de este sostenimiento no es la de impedir la deformación de la cavidad, lo que conduciría, en general, a soportar grandes empujes, sino a aprovechar y complementar en lo necesario las características resistentes del macizo. De esta forma, la cavidad puede alcanzar un nuevo estado de equilibrio aprovechando su propia naturaleza.

Un elemento imprescindible para la correcta aplicación del método es el seguimiento y la caracterización geotécnica continua del frente de excavación así como la auscultación de la sección excavada. La información proporcionada por los aparatos de medición, instalados al tiempo en el que se va ejecutando el sostenimiento, permite vigilar el comportamiento de la cavidad y corregir las deficiencias y excesos del sostenimiento empleado.

Consecuentemente con lo anterior, los sostenimientos propuestos en la fase del proyecto deben ser continuamente ajustados, durante la etapa de construcción, a las condiciones reales del macizo rocoso. Ello permite, por una parte de construcción, a las condiciones reales del macizo rocoso. Ello permite, por una parte, optimizar la aplicación de los sostenimientos colocados, adaptando así las previsiones del proyecto a la realidad encontrada al excavar el túnel, y por otra, realizar el refuerzo del sostenimiento inicialmente colocado en los casos donde este ha podido resultar insuficiente, con el fin de garantizar completamente la inestabilidad y seguridad de la sección excavada.

El sostenimiento proyectado se realiza a base de bulones, hormigón proyectado y cerchas.

- **Método a utilizar según el nivel de proyecto.**

La instrucción ITC 04.6.05 del RGNBSM establece las condiciones mínimas de seguridad que debe reunir el sostenimiento de las obras subterráneas.

El diseño del sostenimiento debe realizarse teniendo en cuenta las características del terreno, las dimensiones de la obra, las condiciones impuestas por la utilización de la obra y las posibles influencias de excavación próximas.

Han de definirse los elementos estructurales de sostenimiento, en calidad y cantidad, así como el proceso de su colocación, en cada sección diferenciada.

Debe trazarse un perfil constructivo por tramos, definiendo las zonas en las que debe aplicarse cada tipo de sostenimiento y las secciones de excavación que resulten al tener en cuenta el efecto de la convergencia, para que la sección final sea la requerida según los gálidos del proyecto.

El proyecto debe incluir un plan de control para conocer el comportamiento del sostenimiento y los desplazamientos del terreno circundante.

Se define un nivel del proyecto en función del tiempo de utilización de la obra y de la relación resistencia de la roca/ profundidad, de acuerdo a la siguiente figura:

ITC 04.6.05

NIVELES DE LOS PROYECTOS DE SOSTENIMIENTO		
σ_c / h (MPa / m)	Tiempo de utilización de la obra	
	Menor de 15 años	Mayor de 15 años
$> 0,1$	A	B
$0,1 - 0,05$	B	C
$< 0,05$	C	D

σ_c = Resistencia Compresión Simple Litotipo Característico de la Excavación (MPa)

h = Profundidad media de la excavación respecto a la superficie exterior (m)

Tabla 19. Elección del nivel de proyecto de sostenimiento

Como tenemos 150 MPa de compresión simple y la profundidad más alta es 112 m poniéndonos desde la perspectiva más desfavorable tendríamos

$$\sigma_c/h = 150 \text{ MPa} / 112 \text{ m} = 1,34 \quad (10)$$

Como nuestra obra es menor de 15 años y nuestra relación σ_c/h es $> 0,1$ obtenemos un nivel A.

Los métodos a utilizar según el nivel de proyecto, serán:

- Clasificaciones geomecánicas: basadas en distintos métodos empíricos generados a partir de la experiencia obtenida en la excavación de otros túneles, que dan un prediseño muy ajustado del sostenimiento a instalar. Valido para nivel A de proyecto.
- Métodos analíticos: se aplican directamente las ecuaciones de la elasticidad en aquellos casos en que la geometría de la excavación es suficientemente sencilla como para que exista solución analítica. Valido para el nivel B de proyecto.
- Métodos numéricos: cuando la geometría no es sencilla es necesario aplicar las ecuaciones de la elasticidad resolviéndolas con simulaciones numéricas utilizando

códigos de elementos finitos o diferencias finitas. Son muy especializados, dando una valoración exacta del estado tensional del sostenimiento. Estas simulaciones numéricas trabajan generalmente en medio continuo. Valido para el nivel C y D de proyecto.

- Cálculos de bloques: basados en la teoría de bloques, que determinan donde pueden existir bloques peligrosos que caen por gravedad, en un macizo rocoso interceptado por una cavidad minera. Estos cálculos son complementarios a los métodos numéricos, ya que estos últimos suelen trabajar en medio continuo. Valido para el nivel Cy D del proyecto.

Por lo tanto tenemos que hacerlo por clasificaciones geomecánicas las cuales las veremos a continuación.

- **Teorías clásicas y modernas de cálculo y dimensionamiento.**

En las teorías clásicas no se considera colaboración alguna de la roca. Propondrán leyes de carga para las bóvedas susceptibles de desprenderse, y para las cuñas de empuje sobre las paredes laterales del túnel.

A partir de ellas se dimensionan las estructuras de sostenimiento, sin contar con la colaboración del terreno, lo que lleva, en general, a diseños que están muy del lado de la seguridad. En las teorías modernas se parte de que el elemento atravesado tiene una posible participación en el elemento estructural (la mecánica de rocas lo pone en evidencia), por lo que sería posible, aunque mediante una aproximación grosera, su caracterización geomecánica.

A partir de aquí se establecen los métodos empíricos utilizados para el cálculo del sostenimiento de nuestro túnel, aunque calculamos los métodos de Bieniawski y Romana el que utilizaremos al final será el método de Barton que es más exacto gracias a que toma en cuenta los datos sísmicos.

7.8.1. Métodos empíricos de Bieniawski y Romana.

Siguiendo la clasificación geomecánica utilizada de Bieniawski y Romana, se presentan unas recomendaciones para el sostenimiento de túneles. Tras recordar la clasificación geomecánica de nuestro terreno, se analizan las recomendaciones de sostenimiento.

Como se indicó anteriormente nuestro RMR es de 38, lo que nos indica una calidad mala según Bieniawski y IVa según Romana.

Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
I	Muy Buena	100-81	$> 4 \text{ kg/cm}^2$	$> 45^\circ$
II	Buena	80-61	$3-4 \text{ kg/cm}^2$	$35^\circ-45^\circ$
III	Media	60-41	$2-3 \text{ kg/cm}^2$	$25^\circ-35^\circ$
IV	Mala	40-21	$1-2 \text{ kg/cm}^2$	$15^\circ-25^\circ$
V	Muy mala	< 20	$< 1 \text{ kg/cm}^2$	$< 15^\circ$

Tabla 20. Calidad de macizos rocoso en relación al índice RMR según Bieniawski

RMR	MODIFICADO		BIENIAWSKI ORIGINAL	
	CLASE	DENOMINACIÓN	DENOMINACIÓN	CLASE
100	Ia	EXCELENTE	MUY BUENA	I
90	Ib	MUY BUENA		
80	II a	BUENA A MUY BUENA	BUENA	II
70	II b	BUENA A MEDIA		
60	III a	MEDIA A BUENA	MEDIA	III
50	III b	MEDIA A MALA		
40	IV a	MALA A MEDIA	MALA	IV
30	IV b	MALA A MUY MALA		
20	V a	MUY MALA	MUY MALA	V
10	V b	PÉSIMA		

Tabla 21. Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR según Romana

Con estas clasificaciones, se entra a las tablas de recomendaciones de sostenimiento que se expondrán a continuación. Estas clasificaciones empíricas nos aportaran datos y las características necesarias para ejecutar el sostenimiento. Proponen las especificaciones de bulonado, hormigón proyectado, tipos de armaduras, cerchas y otros métodos. A continuación describiremos cada una de las soluciones según Bieniawski y Romana.

Sostenimientos a partir del índice RMR

Clase RMR	Excavación	Sostenimiento		
		Bulones	Gunita	Cerchas
I 100-81	Sección completa. Avances de 3 m.	Innecesario, salvo algún bulón ocasional.	No.	No.
II 80-61	Sección completa. Avances de 1-1,5 m.	Bulonado local en clave, con longitudes de 2-3 m y separación de 2-2,5 m, eventualmente con mallazo.	5 cm en clave para impermeabilización.	No.
III 60-41	Avance y destroza. Avances de 1,5 a 3 m. Completar sostenimiento a 20 m del frente.	Bulonado sistemático de 3-4 m con separaciones de 1,5 a 2 m en clave y hastiales. Mallazo en clave.	5 a 10 cm en clave y 3 cm en hastiales.	No.
IV 40-21	Avance y destroza. Avances de 1 a 1,5 m. Sostenimiento inmediato del frente. Completar sostenimiento a menos de 10 m del frente.	Bulonado sistemático de 4-5 m con separaciones de 1-1,5 m en clave y hastiales con mallazo.	10 a 15 cm en clave y 10 cm en hastiales. Aplicación según avanza la excavación.	Cerchas ligeras espaciadas 1,5 m cuando se requieran.
V ≤ 20	Fases múltiples. Avances de 0,5-1 m. Gunitar inmediatamente el frente después de cada avance.	Bulonado sistemático de 5-6 m, con separaciones de 1-1,5 m en clave y hastiales con mallazo. Bulonado en solera.	15-20 cm en clave, 15 cm en hastiales y 5 cm en el frente. Aplicación inmediata después de cada avance.	Cerchas pesadas separadas 0,75 m con blindaje de chapas y cerradas en solera.

Túneles de sección en herradura, máxima anchura 10 m, máxima tensión vertical 250 kp/cm².

(Bieniawski, 1989).

Tabla 22. Sostenimiento mediante índice RMR de Bieniawski

- en el caso de Bieniawski se puede observar de la tabla que la excavación será mediante calota y destroza, con avance de 1 a 1,5 metros, completando el sostenimiento cada 10 metros.
- Los bulones tendrán una longitud de 4 a 5 metros con separaciones de 1 a 1,5 metros en clave y hastiales con mallazo.
- El gunitado será de 10 a 15 cm en clave y 10 cm en hastiales. Se aplicaran según avance la excavación.
- Las cerchas serán ligeras espaciadas cada 1,5 metros cuando requieran.

RMR	CLASE	BULONADO			HORMIGÓN PROYECTADO			ARMADURA		CERCHAS		MÉTODOS			
		L (m)	b/m2	s' (m)	e (cm)	CAPAS	SELLADO	MALLAZO	FIBRAS	TIPO	S' (m)	ESPECIALES			
100	Ia	-	-	-	-	-	-	SENCILLO OCASIONAL							
90	I b	2/3	0.10	Ocasional	2	Ocasional	No							No	
80	II a	3	0.10/-0.25	Ocasional	5	1	Ocasional								No
70	II b	3	0.25/0.44	2 x 2/1.5 x 1.5	6-10	1/2	Si								
60	III a	3/4	0.44/0.66	1.5 x 1.5/1 x 1.5	8-15	2/3	Si	OCASIONAL							
50	III b	4	0.66/1	1 x 1.5/1 x 1	12-20	2/3	Si		1.5						
40	IV a	4/4.5	0.80/1	1 x 1.25/1 x 1	16-24	3	Si	SENCILLO		FIBRAS	TH-21	1			
30	IV b	4.5/5	1	1 x 1	20-30	3	Si	DOBLE	TH 29		0.75/1				
20	V a	-	-	-	30-40	3/4	Si		HEB						0.5/0.75
10	V b	SISTEMAS ESPECIALES													
0															

Notas: 1. Las unidades para el bulonado son: L, longitud en metros (m); densidad en bulones por m² (b/m²) y s, espaciamiento en metros (m).
2. La unidad para e, espesor mínimo de hormigón proyectado, es el centímetro (cm). No se ha tenido en cuenta la sobreexcavación.
3. El número de capas de hormigón proyectado incluye la capa de sellado.
4. La unidad para S, separación entre cerchas, es el metro (m).
5. Las líneas continuas indican que el método es apropiado para el intervalo y se usa frecuentemente.
6. Las líneas indican que el método es posible para el intervalo y se usa a veces.

Tabla 23. Sostenimiento mediante el índice RMR de Romana

En cuanto a Romana tenemos:

- La longitud de los bulones será de 4 a 4,5 metros con 1 bulón/m² y con una separación de 1 x 1,25 metros.
- El espesor del hormigón proyectado de 16 a 24 cm con 3 capas selladas y con mallazo sencillo.
- En nuestro caso necesitaremos cerchas TH-29, de 1 metro de separación.
- También podríamos llegar a necesitar el método especial Bernold.

Además de estas dos clasificaciones, también deberemos estudiar la clasificación de Barton para el sostenimiento que la veremos más adelante y una vez vistas los tres métodos elegiremos nuestro sostenimiento óptimo.

7.8.2. Método Barton.

Este sistema es el más utilizado debido a que presenta una definición muy precisa de sostenimientos, adaptados a cualquier terreno, tamaño de la excavación e importancia relativa de la obra proyectada.

A veces los túneles se localizan en zonas sísmicas, caracterizadas por presentar considerables niveles de tensión natural, mayores que las zonas asísmicas. Por ello, a la hora de emplear clasificaciones geomecánicas para definir sostenimientos en terrenos susceptibles de sufrir terremotos, es recomendable recurrir a aquellas que tienen en consideración los efectos tensionales de los mismos, como es la clasificación de Barton.

Para aplicar el índice Q en diseños sísmicos de sostenimientos, Barton propone incrementar el valor del SRF un 100%, lo que se traduce en una reducción del valor Q a la mitad.

$$Q (\text{diseño sísmico}) = 0,5 * Q (\text{diseño estático})$$

Ya que nuestro RMR (38) está situado en el rango entre 20 – 40 para realizar los cálculos necesarios usaremos un RMR de 20, porque tenemos que introducir el menor valor del rango en el ábaco de Barton.

TERRENO	RMR	VALOR UTILIZADO RMR
TIPO 1: MUY BUENO	>80	80
TIPO 2: BUENO	60 – 80	60
TIPO 3: NORMAL	40 – 60	40
TIPO 4: MALO	20 – 40	20
TIPO 5: MUY MALO	FALLAS	15

Tabla 24. RMR utilizado

La Q de Barton se averigua mediante la ecuación 1:

$$Q = e^{(RMR-44)/9}$$

Teniendo un valor de 20 en el RMR obtenemos:

$$Q = 0,07$$

TERRENO	VALOR UTILIZADO RMR	Indice Q Caso estatico	Indice Q Caso sismico
TIPO 1: MUY BUENO	80	55	27,5
TIPO 2: BUENO	60	6	3
TIPO 3: NORMAL	40	0,65	0,325
TIPO 4: MALO	20	0,07	0,035
TIPO 5: MUY MALO	15	0,04	0,02

Tabla 25. RMR zona sísmica

MAPA SÍSMICO DE LA NORMA SISMORRESISTENTE NCSE-02



Figura 38. Peligrosidad sísmica de España

Tenemos una Q de Barton de 0,035, ya que se trata de una zona sísmica.

A continuación calcularíamos el parámetro de dimensión equivalente:

$$D_e = B/ESR \quad (11)$$

Donde:

- B es el ancho de excavación que en nuestro túnel es 10,7 m.
- ESR es un parámetro en función del nivel tensional que se obtiene de la siguiente tabla.

TIPO	DESCRIPCIÓN	ESR
A	Minas abiertas temporalmente	3 - 5
B	Pozos verticales	2,5 - 2
C	Minas abiertas permanentemente. Túneles hidroeléctricos Túneles piloto y galerías de avance para grandes excavaciones	1,6
D	Cavernas de almacenamiento Plantas de tratamiento de aguas Túneles pequeños de carretera y ferrocarril	1,3
E	Centrales eléctricas subterráneas Túneles grandes de carretera y ferrocarril Cavernas de defensa civil Boquillas e intersecciones	1
F	Centrales nucleares subterráneas Estaciones de ferrocarril Pabellones deportivos y de servicios	0,8

Tabla 26. Parámetros ESR

Con estos 2 datos ya podemos calcular el parámetro de dimensión equivalente que será igual a nuestro ancho ya que el $ESR = 1$.

Sabiendo que nuestra Q es 0,035 y D_e es de 10,7 metros nos iremos al ábaco de Barton, mostrado en la siguiente figura.

Por tanto, basándonos en este ábaco, obtendremos las siguientes características:

- Clase de roca tipo F (extremadamente mala).
- Separación entre bulones de 1,2 metros.
- Longitud de bulones: 3,2 metros.
- Utilizaremos cerchas reforzadas con hormigón proyectado, hormigón proyectado (> 15 cm) y bulonado.

Como se puede ver tenemos dos valores de la Q de Barton. El primero está calculado con el valor real del RMR (38) y es de 0,513. El segundo valor se calcula con el menor valor (20) del rango en el que nos encontramos y es de 0,035 por encontrarnos en

una zona sísmica. Aunque ambos valores relacionan la Q de Barton con el RMR, el valor elegido es el de 0,035.

Aunque veamos una gran diferencia entre ambos Q esto no quiere decir que este mal ya que los valores de la tabla siguen una función logarítmica. Ambos valores pueden ser utilizados, pero cogeremos el valor más pesimista para estar del lado de la seguridad.

SOSTENIMIENTOS SEGUN BARTON (1992)

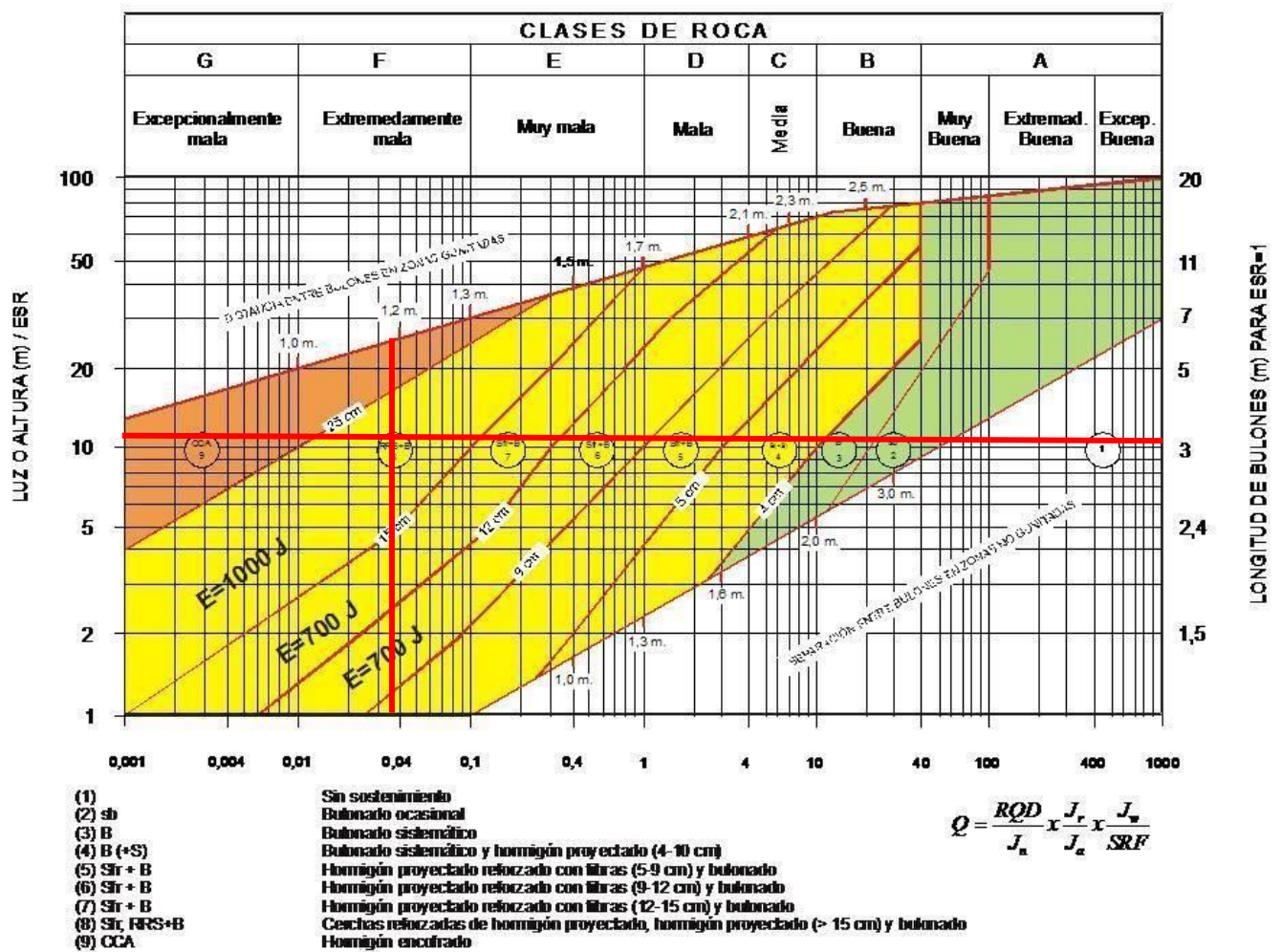


Figura 39. Sostenimiento según Barton

- (1) Sin sostenimiento
- (2) Bulonado ocasional
- (3) Bulonado sistemático
- (4) Bulonado sistemático y hormigón proyectado (4-10 cm)
- (5) Hormigón proyectado reforzado con fibras (5-9 cm) y bulonado
- (6) Hormigón proyectado reforzado con fibras (9-12 cm) y bulonado
- (7) Hormigón proyectado reforzado con fibras (12-15 cm) y bulonado
- (8) Cerchas reforzadas de hormigón proyectado, hormigón proyectado (> 15 cm) y bulonado
- (9) Hormigón encofrado

Tabla 27. Sostenimiento de Barton.

A continuación se describirán los procedimientos a seguir para el sostenimiento de nuestro túnel.

7.8.3. Hormigón proyectado.

Cuando se haya saneado la excavación dispondremos una capa de sellado de hormigón proyectado de 20 cm de espesor repartida en 3 capas. La primera, de sellado, tiene un espesor de 5 cm. Esta capa tendrá como misión garantizar a corto plazo la estabilidad de la sección, evitando con ello los fenómenos de descompresión y descalce de bloques que pudieran originar desprendimientos de fragmentos en la zona de trabajo.

Las otras dos capas de 7,5 cm tendrán como finalidad el relleno del espacio entre las cerchas, el mallazo y las placas. El hormigón proyectado será HP-30.

7.8.4. Bulones.

Los bulones para el cosido del terreno, se colocaran inmediatamente después de la capa de sellado, salvo el caso de las secciones en las que se prevé la colocación de cerchas, como es este caso.

Utilizaremos bulones de acero corrugado de Ø 25, de 3,2 m de longitud, separados 1,2 m cada uno formando una red de 1,2 x 1,2 m².

7.8.5. Cerchas.

En nuestra sección está previsto colocar cerchas TH-29 cada 1 m y se fijaran mediante bulones y placas. Es necesario arriostrarlas todas entre sí mediante tresillones, o bien soldados a las cerchas o mediante perfiles laminados de pequeña sección.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta en la ejecución de los sostenimientos, fundamentalmente en los terrenos más débiles, es conseguir unas adecuadas condiciones de apoyo del mismo, para limitar el desarrollo de fenómenos de “hincamiento” y descenso en bloque del sostenimiento, y el de deformaciones de cierre en la base del mismo. Para ello, debe cuidarse el apoyo del sostenimiento en el momento de su ejecución y su unión con el trasdós mediante la colocación de bulones al pie del avance.

Tras la excavación de la sección de destroza, y simultaneándola con ella, con los correspondientes desfases en planta para compaginar ambos trabajos, se prevé el hormigonado del arranque del anillo de revestimiento en la parte baja de la sección, lo que permite realizar un buen recalce del sostenimiento colocado a sección completa, que beneficia en gran medida las condiciones de apoyo de este, limitando el desarrollo de deformaciones en la sección y mejorando consecuentemente las condiciones de estabilidad del túnel.

7.8.6. Mallazo.

Vamos a colocar un mallazo simple de 150 x 150 x 6 cm de acero corrugado como armadura de reparto.

7.9. Revestimiento del túnel.

Tradicionalmente, el sostenimiento y el revestimiento se han considerado por separado, asignando a cada uno de ellos funciones distintas.

El planteamiento era:

- El sostenimiento responde a exigencias progresivas de resistencia, como son:
 - Evitar los pequeños desprendimientos (el “chineo” de rocas ligeramente fracturadas), o bien, el deterioro progresivo de las rocas meteorizables.

- Limitar las deformaciones incompatibles con los gálibos de diseño, o bien, resistir empujes ordinarios del terreno.
 - Resistir los empujes extraordinarios, sean por nivel freático, por empujes de fallas activas, o de terrenos muy plásticos o expansivos. Como se ve, las funciones del sostenimiento van, en sentido creciente, desde evitar pequeños desprendimientos hasta verdaderas soluciones estructurales.
- Al revestimiento se le asignan exigencias funcionales, prácticamente no resistentes, como:
- Asegurar el funcionamiento de la obra (por ejemplo, el rozamiento de las paredes en una conducción hidráulica), o bien, optimizar ciertas características del diseño (por ejemplo, la impermeabilidad).
 - Albergar las instalaciones del túnel (redes, servicios, etc).
 - Propiciar la estética de la obra.

Por tanto, cuando se añade un revestimiento final, este no tiene casi nunca una función resistente clara, entre otras cosas, porque se construye después de haber transcurrido demasiado tiempo desde la excavación.

La tendencia es diferente. Es muy frecuente que la obra de sostenimiento se considere perfectamente adecuada para atender las funciones de revestimiento. El caso más claro son los anillos o dovelas colocados por los escudos.

Otras veces el revestimiento tiene también funciones resistentes, por ejemplo, si se quiere evitar el deterioro a largo plazo el sostenimiento, o bien la posible formación de cuñas inestables, por evolución del equilibrio interno del macizo rocoso hacia situaciones futuras precarias.

Se propone la ejecución de un revestimiento de hormigón, de 30 cm de espesor mínimo, advirtiendo que la colocación con garantías y un acabado de calidad de espesores menores suele resultar más caro por metro cuadrado revestido, por el incremento de coste derivado del empleo de mejores medios y los rendimientos decrecientes, así como las eventuales reparaciones superficiales.

La ejecución del revestimiento en el túnel se realiza en dos fases. En primer lugar se ejecutaran los denominados muretes guía (zapatas), como arranque de hastiales. Sobre ellos se hormigonara el revestimiento propiamente dicho cuya cara interior constituirá el parámetro visto de la sección el túnel. La construcción de las zapatas se realiza tras la excavación de la destroza. Esto permite realizar un buen recalce del sostenimiento colocado en sección completa, que beneficia en gran medida las condiciones de apoyo de este.

Nuestro túnel, dada su longitud y sección tipo única, puede revestirse mediante carretón electrohidráulico a sección completa. Se dispondrán ranuras triangulares situadas transversalmente a la sección y separadas longitudinalmente 8 m entre sí, construidas mediante piezas (berenjenos) adosadas al encofrado, con la misión de encauzar la posible fisuración transversal debida a la retracción del hormigón.



Figura 40. Carretón electrohidráulico

7.10. Bibliografía.

- LÓPEZ JIMENO, CARLOS. “Manual de Túneles y Obras Subterráneas ed, 1” Madrid, sin editorial, 1997.
- LOPEZ JIMENO, CARLOS. “Manual de Túneles y Obras Subterráneas ed, 2” Madrid, sin editorial, 2011.
- MARTÍNEZ LÓPEZ, JUAN MIGUEL. Apuntes de la asignatura “Ingeniería de Túneles y Obras Subterráneas” de la Escuela Politécnica Superior de Linares (2018).
- Otros TFG de la Universidad de Jaén “Mejora de trazado mediante un túnel carretero”.
- Estudio geotécnico de la zona de Igualaja por Lidycce.
- <http://www.dgt.es/es/el-traffic/puntos-negros/index.shtml>
- <http://webpersonal.uma.es/~fsl/Archivos/GEOLOGIA-MALAGA.pdf>
- <https://es.climate-data.org/location/57026/>
- http://aguas.igme.es/igme/publica/libros1_HR/libro110/Pdf/lib110/in_37.pdf

ANEJO I “ESTUDIO GEOTECNICO”

INDICE.

1. Justificación y objetivos.
2. Trabajos de campo.
 - 2.1. Sondeos mecánicos a rotación.
 - 2.2. Calicatas mecánicas.
 - 2.3. Ensayos de penetración tipo DPSH
3. Ensayos de laboratorio

1. JUSTIFICACION Y OBJETIVOS.

Adicionalmente a las observaciones geológicas a lo largo de la traza, se han realizado una serie de reconocimientos, cuya finalidad es determinar las características geotécnicas principales de los materiales aflorantes y su evaluación para el posible empleo de los mismos en la construcción de los rellenos proyectados.

El objetivo de la campaña era caracterizar el subsuelo, hasta una profundidad razonable para un proyecto de estas características.

Para ello se propuso la combinación de ensayos directos e indirectos. Este conocimiento del subsuelo directo se llevó a cabo a través de la ejecución de sondeos y penetraciones tipo DSPH.

2. TRABAJOS DE CAMPO.

La campaña geotécnica consistió en la realización de sondeos a rotación con extracción de testigo y ensayos de penetración así como la realización de ensayos de laboratorio.

Los trabajos de campo han sido realizados partiendo de la previsión inicial, siempre en coordinación con el peticionario de los trabajos y adecuándose a la naturaleza de los materiales recuperados. Las pruebas fueron efectuadas aproximadamente en los puntos de la traza establecidos, con localización definitiva según se recoge en el apéndice 1 de la presente documentación.

Según la programación prevista y el avance de los trabajos se ejecutaron las prospecciones siguientes:

- 3 ensayos de penetración tipo borro.
- 2 sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo continuo. Se perforaron un total de 12 metros lineales que pueden contabilizarse como 2 metros de suelo, 2 de gravas y 8 de roca de dureza alta.

2.1. SONDEOS MECANICOS A ROTACION.

Mediante la utilización de una sonda autónoma de avance hidráulico (Rolatec), se realizaron las labores de perforación, extrayéndose testigos continuos de diámetro 101-86 mm.

A lo largo de la ejecución se identificó la litología, estructura, potencia y la resistencia mediante ensayos SPT.

Para impedir que el testigo recuperado se deteriorara más de lo debido, y conseguir porcentajes de recuperación superiores al 80% de cada maniobra, el avance en suelos se realizó inyectando una mínima cantidad de agua por las paredes interiores del varillaje.

Se han realizado un total de dos sondeos mecánicos. En la siguiente tabla podemos observar una lista de cada uno de los sondeos geomecánicos realizados.

Sondeo	Profundidad (m)
S-1	6.00
S-2	6.00

Tabla 28. Sondeos mecánicos

2.2. ENSAYOS DE PENETRACION TIPO DPSH.

Se han realizado un total de tres ensayos de penetración dinámica tipo DPSH, que han quedado emplazados de la siguiente forma.

El equipo empleado ha sido una máquina automática de marca Rolatec montada sobre orugas, cuyas características técnicas se resumen en la siguiente tabla.

CARACTERISTICAS TECNICAS	
Marca/modelo	ROLATEC
Propulsión	Motor diésel 10 CV
Tracción	Orugas de goma
Peso maza	65 ± 0,5 kg
Altura de caída	50 ± 0,1 cm
Peso puntaza + cabeza de golpeo	1,5 kg
Peso varillaje	8,84 kg/m
Sección puntaza	20 cm ²
Tipo puntaza	perdida

Tabla 29. Características máquina de penetración DPSH



Figura 41. Máquina de penetración dinámica marca ROLATEC

El procedimiento de ensayo consiste en clavar en el terreno la puntaza perdida de hierro macizo montada en el extremo inferior del varillaje, por medio de golpes repetitivos, registrando el número de estos necesarios para penetrar tramos de 20 cm (actualmente el registro se realiza de forma automática por medio de un contador de golpes electrónico).

La hincada se consigue gracias a la caída de la maza sobre la cabeza de golpeo roscada al extremo superior del varillaje.

Las varillas tienen un diámetro inferior al de la puntaza para evitar, en la medida de lo posible, el rozamiento de estas con el terreno durante la penetración.

La resistencia del terreno a la penetración dinámica se expresa por el número de golpes necesarios para clavar la varilla en una longitud de 20 cm, en lo sucesivo se designará como N_{20} .

Se dará por terminado el ensayo cuando, dada 1 andanada de 100 golpes, la penetración sea igual o inferior a 20 cm. Esta circunstancia se denomina comúnmente “rechazo” y hace referencia a la imposibilidad de continuar la penetración debido a la propia resistencia del terreno.

Siempre que la penetración sea inferior a 20 cm, el número de golpes que se considerará será el proporcional correspondiente.

El registro de datos correspondientes a este ensayo se puede observar en los

boletines de

Ensayo adjuntos en los apéndices.

Ensayo	Prof. Rechazo (m)
P-1	3.00
P-2	2.00
P-3	2.20

Tabla 30. Ensayo penetración

3. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Las muestras de terreno obtenidas en los sondeos en la zona de estudio han sido sometidas a los siguientes ensayos de laboratorio:

En muestras procedentes de sondeos:

Descripción	Normativa
5 preparación de muestras para los ensayos de suelos	UNE-103100/95
6 determinación de la densidad de un suelo	UNE-103301-94
1 análisis granulométrico de suelos por tamizado	UNE-103101/95
1 determinación del límite líquido de un suelo	UNE-103103/94
1 determinación del límite plástico de un suelo	UNE-103104/93
6 ensayos de compresión simple en rocas	NLT 250
1 determinación del contenido en sulfatos	EHE
1 determinación de la acidez Baumman-Gully	Anejo 5 EHE
1 determinación de la agresividad del agua	EHE

Tabla 31. Ensayos de sondeos

Se han incluido también la clasificación correspondiente a cada muestra de suelo, según los criterios del sistema unificado para la clasificación de suelos (USCS).

Los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio de los sondeos son los siguientes:

Muestra de sondeo elegida	Densidad de suelo aparente
S-1 (3-3,2 m)	2,347 gr/cm ³
S-1 (3,8-4 m)	2,254 gr/cm ³
S-1 (5-5,2 m)	2,221 gr/cm ³
S-2 (2-2,2 m)	2,425 gr/cm ³
S-2 (3,3-3,6 m)	2,368 gr/cm ³
S-2 (4,8-6 m)	2,415 gr/cm ³

Tabla 32. Ensayos de densidad de suelo sondeos

- Contenido de ion sulfato (mg/Kg suelo)→ < 500
- Acidez bauman-gully (ml/kg suelo)→ 4

Tamiz(mm)	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	5	2	1,25	0,4	0.16	0,08
Pasa (%)	100	100	100	100	100	100	99	89	86	75	64	59	48	42	39,8

Tabla 33. Granulometría de suelos por tamizado sondeo

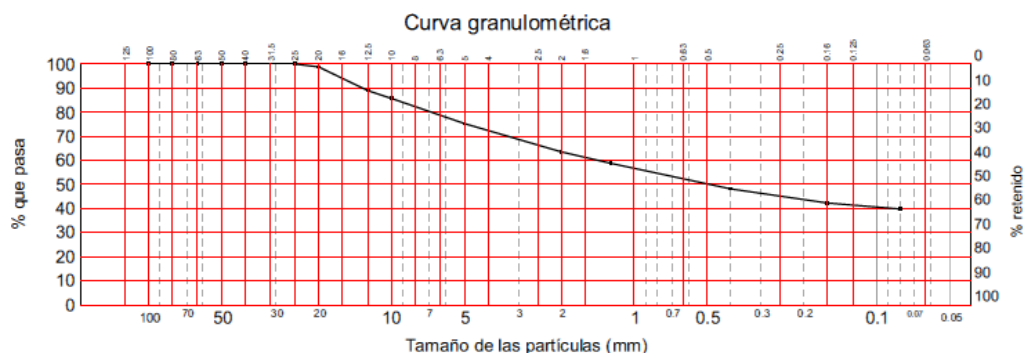


Figura 42. Curva granulométrica sondeo

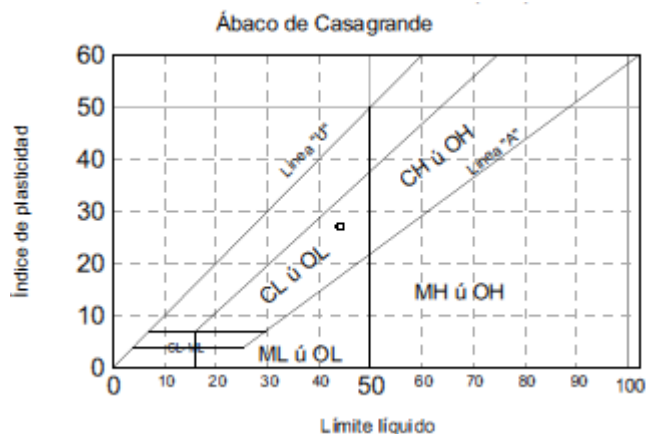


Figura 43. Abaco de casagrande

- Límite líquido→ 44,11
- Límite plástico→ 16,9
- Índice de plasticidad→ 27,21

ANEJO II

“VENTILACION”

INDICE.

1. Ventilación del túnel.
 - 1.1. ventilación soplante.
 - 1.2. Ventilación aspirante.
 - 1.3. Ventilación por aspiración e impulsión sucesivas.
 - 1.4. Ventilación aspirante y soplante simultaneas (mixta).
2. Elección del sistema de ventilación.
 - 2.1. Dilución de los gases de escape de los motores diesel.
 - 2.2. Ventilación del polvo.
 - 2.3. Ventilación total resultante.
 - 2.4. Caudal de aire para la respiración del personal.
 - 2.5. Caudal de aire para mantener la velocidad de corriente de retorno en la galería.
3. Calculo de la potencia del sistema de ventilación.
 - 3.1. Resistencia aerodinámica en el túnel.
 - 3.2. Resistencia aerodinámica en la tubería.
 - 3.3. Resistencia aerodinámica en singularidades.
 - 3.4. Calculo de la potencia necesaria para la ventilación de túneles en construcción.

1. Ventilación del túnel.

Una buena ventilación es algo fundamental en las labores de excavación de un túnel, teniendo como objeto principal, mejorar la respiración del personal, diluir los gases producidos por los motores de la maquinaria y disminuir la temperatura en el frente de trabajo.

Los sistemas de ventilación responden a la necesidad de mantener dentro de los túneles una atmosfera respirable, de forma que el aire es renovado para así impedir que los gases y humos generados por los vehículos de motor alcancen concentraciones peligrosas.

El principal contaminante emitido por los vehículos es el monóxido de carbono (CO). Otros gases contaminantes serían los óxidos nitrosos, anidricos sulfurosos, etc. También otros productos como el plomo o las gasolinas, compuestos de fósforo y azufre, y partículas contaminantes como el hollín, amianto, etc.

De acuerdo con el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, y a sus Instrucciones Técnicas Complementarias, las concentraciones volumétricas admisibles para los gases peligrosos se exponen a continuación en la tabla siguiente.

p.p.m.	Jornada de 8 h.	Periodos cortos
Monóxido de carbono (CO)	50	100
Dióxido de carbono (CO ₂)	5000	12500
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	10	25
Sulfuro de hidrógeno (SH ₂)	10	50
Dióxido de azufre (SO ₂)	5	10
Hidrogeno (H ₂)	1000	10000

Tabla 34. Concentraciones de gases peligroso admisibles

La proporción de oxígeno (O₂) nunca será, en las zonas de trabajo, inferior al 19% en volumen. En caso necesario se utilizara la corrección pertinente por altitud.

Actualmente la tendencia en el diseño de los motores es reducir la concentración de CO en los gases de escape.

Hay que tener en cuenta que los contaminantes de la atmosfera provocan también una importante reducción de la visibilidad, con las consiguientes consecuencias para el tráfico rodado.

En un túnel en construcción la emisión de contaminantes se produce en la zona del frente de avance, que es precisamente donde se encuentra casi todo el personal, y además en los largos periodos de tiempo que duran sus jornadas de trabajo.

Además y más importante, es la situación de saco (sin salida) de dichos túneles en construcción, lo que se resuelve asegurando la circulación de aire desde la entrada hasta el frente por medio de una canalización o tubería en la que se hayan situado uno o varios ventiladores.

Si la corriente de aire circula por dentro de la canalización desde la embocadura del túnel hasta el frente, la ventilación se denomina soplante; en caso contrario, aspirante.

El objetivo de este apartado está en realizar los cálculos necesarios para la elección de una ventilación, conducciones y caudales para la realización de las labores de excavación del túnel de nuestro proyecto.

La elección del método de ventilación se realiza con los siguientes pasos:

1º) se determinan las características de ventilación de frente de avance, siendo las principales:

- Caudal de aire preciso.
- Tipo de ventilación: soplante, aspirante o mixta.
- Distancia desde el fin de la canalización hasta el frente.

2º) elección del ventilador y de la canalización que permitan obtener el caudal deseado en el frente.

A continuación vamos a analizar las maneras de ventilar los túneles según se dispongan sus conductos de ventilación y su sentido de circulación del aire.

1.1. Ventilación soplante.

En este tipo de ventilación se instala una conducción a través de la cual circula aire desde el exterior hasta las proximidades del frente de avance, como podemos observar en la siguiente figura.

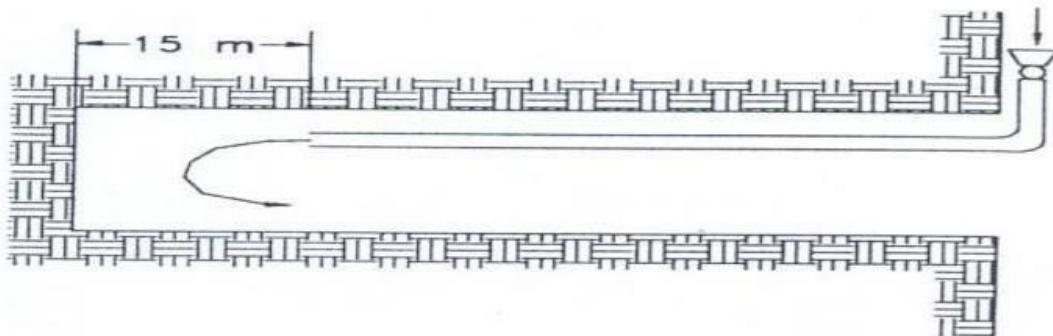


Figura 44. Ventilación soplante

El tapón de humo, gases y polvo que ocupa el fondo del túnel es removido por aire fresco soplado por la tubería, siendo así diluido y empujado a lo largo del túnel hasta el exterior. Hay que estudiar dos problemas:

- Purga del frente.
- Desplazamiento del tapón de humos hasta el exterior.

Purga del frente.

El chorro de aire que sale de la tubería se encuentra con aire del túnel, con el que se mezcla a la vez que lo arrastra; resulta de ello un barrido activo del aire hasta una cierta distancia, a partir de la cual el movimiento de aire es nulo.

Si la distancia entre el extremo de la tubería y del frente es suficientemente pequeña, todo el fondo del túnel queda barrido por el chorro de aire, produciéndose rápida eliminación de contaminantes.

Si por el contrario la distancia es bastante grande, subsiste en el fondo del túnel una zona donde el aire está casi inmóvil, por lo que el tiempo de purga es muy elevado.

La distancia límite por encima de la cual el aire no alcanza el frente es del orden de unos metros para un caudal de $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cuanto mayor sea el diámetro de la tubería, más largo será el chorro y menor será el tiempo de purga.

Desplazamiento del tapón de humos hasta el exterior.

El tapón de humos se desplaza a lo largo del túnel hasta salir al exterior; el peligro aparece cuando el personal vuelve al trabajo y tienen que atravesarlo.

A continuación veremos las ventajas de la ventilación soplante:

- Es de fácil instalación.
- Permite el empleo de tuberías de lona, sin armadura, de fácil manejo.
- El aire se conduce muy rápidamente y llega al frente en buenas condiciones, mejorándose así la situación ambiental de la zona de trabajo.
- El chorro de aire que sale del conducto de ventilación es capaz de remover los gases y humos del frente sin necesidad de acercarlo a este excesivamente.
- Menor potencia instalada.

En cuanto a los inconvenientes son los siguientes.

- Los gases de la voladura y los de escape de montones han de circular por el túnel, ocasionando problemas de personal.

- El polvo que crea durante la perforación en la proyección de hormigón creara una atmosfera de reducida visibilidad y susceptible de crear problemas respiratorios.

1.2. Ventilación aspirante.

Este tipo de ventilación consiste en aspirar el aire que ocupa el frente de avance mediante una tubería. Un ventilador acoplado a la tubería hace que el aire del frente entre en esta y sea expulsado, por su otro extremo, al exterior del túnel.

La depresión creada es ocupada por aire procedente de la boca del túnel, avanza en por toda su sección, hasta llegar al frente, donde se mezcla con los contaminantes que puedan existir.

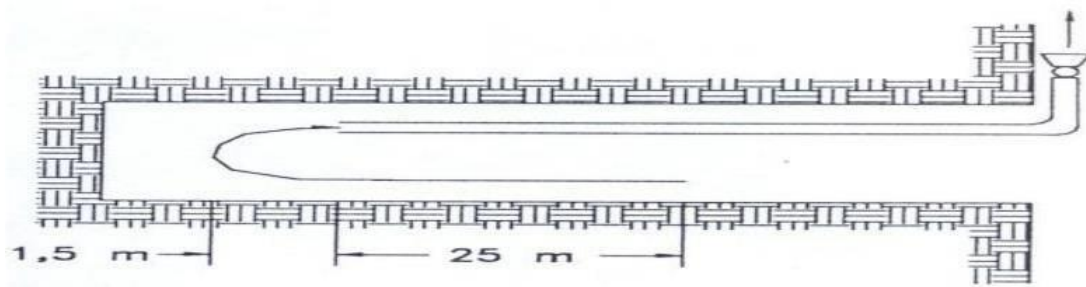


Figura 45. Ventilación aspirante

La corriente de aire que, procedente del exterior circula por el túnel en dirección al frente, converge muy rápidamente para introducirse en la tubería, por lo que solo es efectivo a una distancia pequeña del frente ($<2\text{ m}$), a partir de la cual desaparece todo el movimiento de aire; por este motivo es difícil la limpieza total de la atmosfera.

Los humos situados antes del extremo de la tubería son arrastrados por la corriente de aire que penetra en ella, siendo de eliminación rápida.

Sin embargo, los humos situados entre el extremo de la tubería y el frente se eliminan con gran dificultad y lentitud, por lo que la limpieza total del frente es casi imposible, salvo que la distancia al frente sea muy pequeña, o si se admite un tiempo de purga bastante grande.

La ventilación aspirante es incapaz de limpiar el frente, por lo que debe usarse e combinación con la soplante. Se utiliza por si sola únicamente cuando el avance del túnel se realiza con rozadoras, siendo un método efectivo para evacuar polvo.

Las ventajas de la ventilación aspirante son las siguientes.

- Los gases y polvo del frente retornan por la tubería evitando que el personal tenga que respirarlos.

Los inconvenientes son los siguientes.

- Requiere, para la conducción del aire aspirado, tuberías rígidas o si estas son de lona, que estén armadas con espiral de acero.
- Las tuberías armadas ofrecen más resistencia y por tanto más pérdida de carga.
- El aire entra lentamente a lo largo del túnel, con lo que llega caliente al frente.
- La ventilación aspirante deja zonas del frente mal ventiladas.
- Exige una mayor potencia instalada.
- Si en el túnel hay maquinaria con motores, sus gases de escape son empujados hacia el frente de trabajo, con el consiguiente riesgo para el personal.

1.3. Ventilación por aspiración e impulsión sucesivas.

Empleando una sola tubería, se realiza primero una fase de aspiración en la que se elimina la fracción de humos situada cerca de la boca de aspiración.

A continuación, se copia por la misma tubería, de forma que se pueda limpiar el espacio comprendido entre el extremo de la tubería y el frente, desplazando el aire contaminado a la parte situada por detrás del extremo de la tubería, para que pueda ser eliminado en la siguiente fase de aspiración.

El problema es el gran tiempo necesario para ventilar el frente.

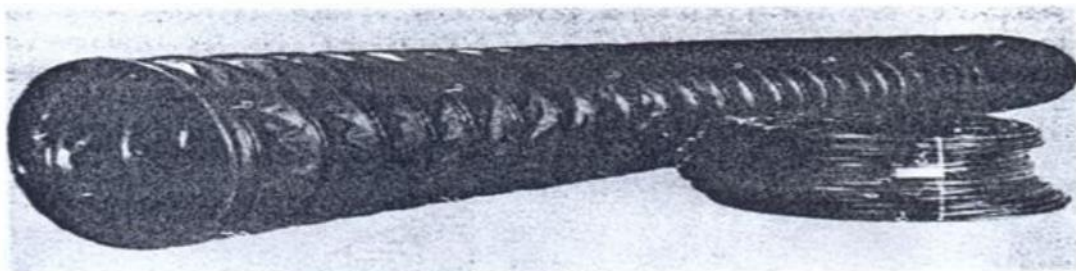


Figura 46. Tubería flexible semirígida para ventilación por aspiración e impulsión sucesivas

1.4. Ventilación aspirante y soplante simultaneas (mixta).

En este sistema son necesarias dos tuberías provistas cada una de su ventilador, pero la tubería soplante puede ser corta y su ventilador poco potente.

Basta que la tubería soplante expulse el aire unos metros más atrás de la boca aspirante; el papel de dicha tubería soplante es solo homogeneizar el frente de avance.

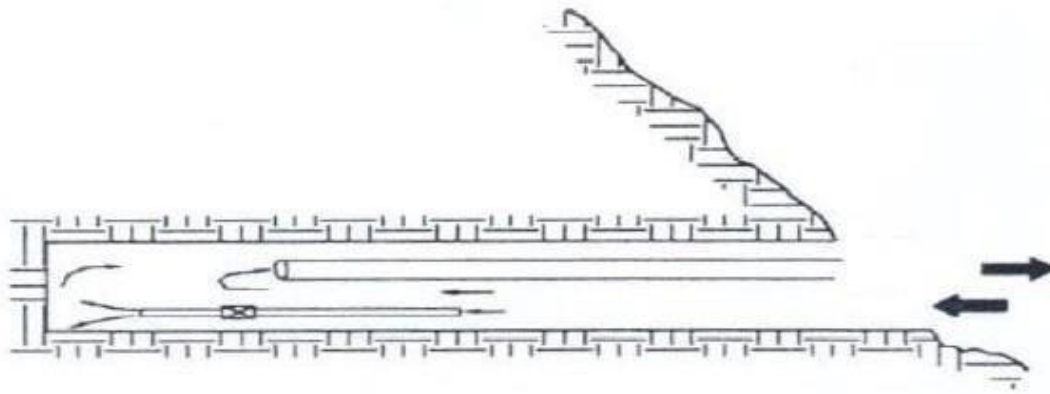


Figura 47. Ventilación mixta

Al ser la tubería muy corta (unos 30 metros como máximo), es posible que su diámetro sea muy pequeño, por lo que se podrá llevar con facilidad muy cerca del frente.

De esta forma, se consigue un tiempo de purga muy pequeño, incluso aunque sople muy poco aire.

Por el contrario, la tubería de aspiración no necesita llegar al frente (de 30 a 40 metros).

Se puede usar un gran diámetro porque no molesta al trabajo del frente.

Cuando para el avance se utilizan tuneladoras o rozadoras puede utilizarse una variante de este sistema, en la que existe una ventilación soplante que aporta aire fresco al frente, en tanto que una aspirante capta el polvo produciendo en el arranque y lo lleva a un filtro de mangas, donde es recogido.

Las ventajas de la ventilación mixta son:

- Los gases y humos retornan por la tubería, evitando que el personal tenga que respirarlos.
- Se consigue una limpieza rápida y eficaz del frente.

Los inconvenientes de la ventilación mixta son:

- Es de instalación compleja y cara.
- La tubería aspirante ha de ser rígida o armada con espiral de acero.

2. Elección del sistema de ventilación.

En nuestro caso el método elegido será ventilación soplante ya que este sistema es versátil, simple, económico y la mejor opción para las características de nuestro túnel.

Como ya hemos mencionado anteriormente, en el sistema de ventilación soplante se instala una conducción a través de la cual circula el aire desde el exterior hasta distancias muy próximas al frente de avance.

En cuanto al tapón de humos, gases y polvo que ocurre al fondo del túnel será removido por el aire fresco soplado por la tubería, diluyéndolo y empujándolo a lo largo del túnel hasta el exterior como podemos apreciar en la siguiente figura.

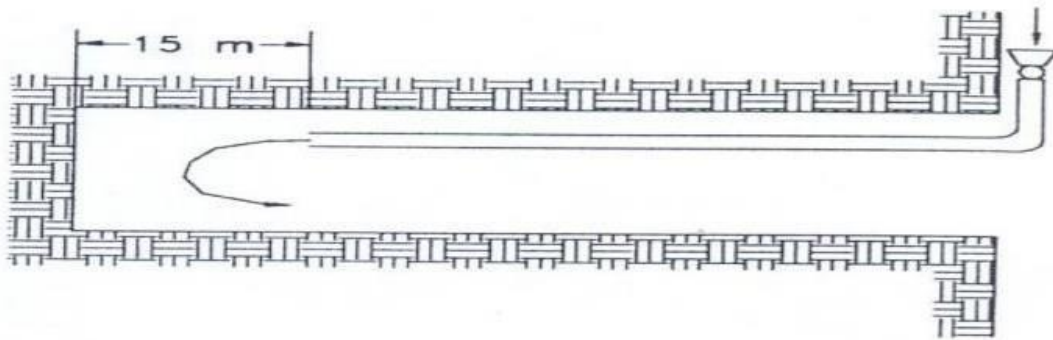


Figura 48. Sistema de ventilación soplante

2.1. Dilución de los gases de escape de los motores diesel.

Para diluir los gases de escape de los motores diesel, aproximadamente se necesitan 1500 m^3 de aire por cada hora y por cada kilo de gasoil consumido.

Se considera que el consumo de gasoil de las maquinas que trabajan en el frente es de $0,272 \text{ kg/kWh}$, es decir, $0,272 \text{ kg}$ a la hora por cada kW de potencia.

El valor obtenido se multiplica por un factor de $0,6$ pues se supone que, como media, las maquinas trabajan a un 60% de su potencia nominal.

Con los valores de la siguiente figura, que es una gráfica que indica el caudal de aire necesario para ventilar un túnel en función de la potencia de la maquinaria que está trabajando en él.

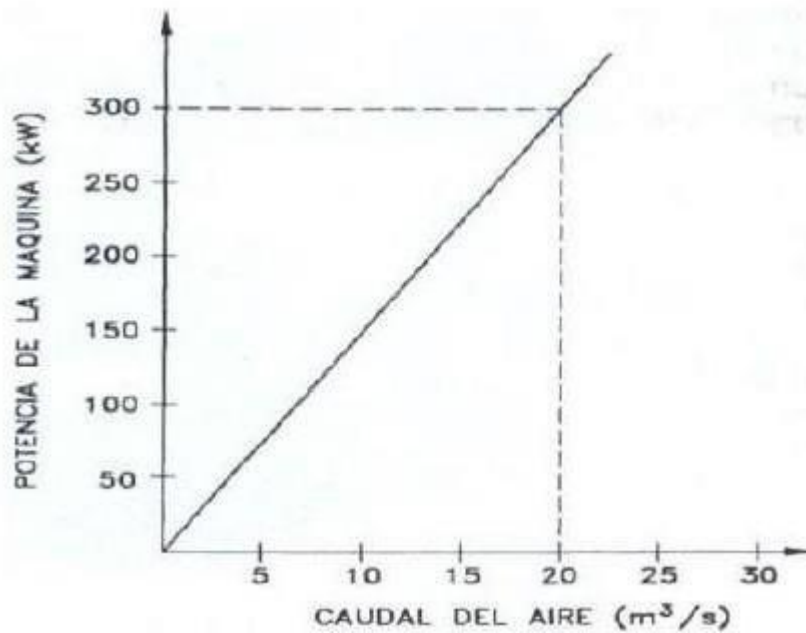


Figura 49. Potencia de la máquina-Caudal del aire

Por lo tanto si tenemos una rozadora con 400 kW de potencia de corte del motor, una pala cargadora (sobre ruedas) trabajando en régimen continuo con una potencia de 114 kW y por ultimo tendremos dos dumperes extraviales en el interior que trabajan 40 minutos de cada hora, con una potencia de 300 kW.

Si calculamos la potencia para el diseño del ventilador obtenemos el caudal de aire necesario para la ventilación de los gases de escape de los motores. La potencia total sera:

$$P_t = 400 + 114 + 2 \times (300 \times 40/60) = 914 \text{ kW} \quad (12)$$

Obtenida la potencia total y con los datos anteriores, podemos obtener el caudal de aire necesario para la ventilación de los gases de escape de los motores.

$$Q_f = (P_t \times 1500 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{kg} \times 0,272 \text{ kg/kWh} \times 0,6) \quad (13)$$

$$Q_f = (914 \text{ kW} \times 1500 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{kg} \times 0,272 \text{ kg/kWh} \times 0,6) = 223747,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por lo que para ventilar los gases de escape de la maquinaria del tunel, el caudal que necesitaremos sera de $Q_f = 62,15 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.2. Ventilación del polvo.

Las labores de construcción de túneles que generan polvo son principalmente:

- Rozado del frente.
- Carga y transporte del escombro.
- Proyección de hormigón.

Si en el avance se utilizan tuneladoras o rozadoras, el caudal de aire a emplear por metro cuadrado de sección estará comprendido entre 15 y 25 m³/m² min, dependiendo de la cuantía de los avances y del tipo de roca.

Vamos a utilizar la media entre estos dos valores, es decir, 20 m³/m². Utilizando este valor y además la sección de nuestro túnel que es de 77,5 m² calcularemos el caudal necesario para la ventilación del polvo.

$$Q_{polvo} = (20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 77,5 \text{ m}^2) / 60 \text{ s} = 25,83 \text{ m}^3/\text{s} \quad (14)$$

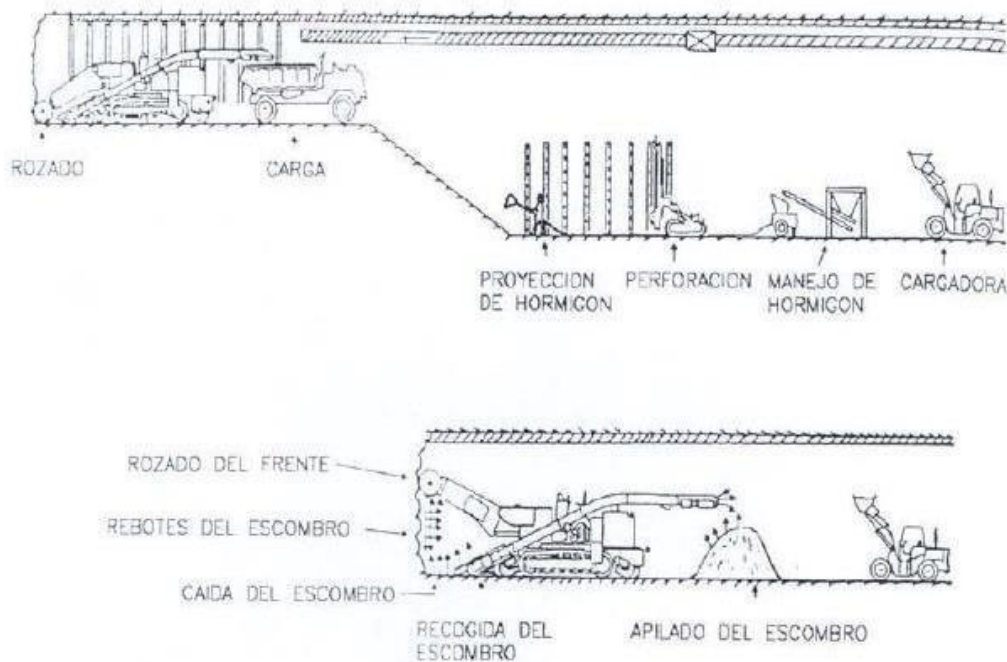


Figura 50. Labores generadoras de polvo

2.3. Ventilación total resultante.

Para ventilar, en condiciones normales, se utilizara el mayor de los caudales estimados como necesarios en la dilución de los motores diesel y en la del polvo generado por la excavación.

Por lo que podemos observar el caudal para diluir los gases de escape de los motores diesel es de $62,15 \text{ m}^3/\text{s}$ mientras que el caudal del polvo generado es $25,83 \text{ m}^3/\text{s}$. el mayor caudal es el de los motores diésel con lo cual será necesario un $Q = 62,15 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.4. Caudal de aire para la respiración del personal.

Si suponemos un caudal de aire de $40 \text{ l/s} \times \text{persona}$ y, suponiendo que nunca habrá mas de 14 personas trabajando simultáneamente en el frente de la excavación, tenemos que:

$$Q_{\text{personal}} = 0,04 \text{ m}^3/\text{s} \times 14 = 0,56 \text{ m}^3/\text{s} \quad (15)$$

Con este dato podemos observar que con el caudal calculado se cumplen las Corrientes de aire estipuladas en las ITC.

2.5. Caudal de aire para mantener la velocidad de la corriente retorno en la galería.

Según las ITC, en túneles carreteros de gran sección, la velocidad mínima del aire en la labor no puede ser menor a $0,4 \text{ m/s}$ ni mayor a 8 m/s . por lo tanto se tiene que:

$$Q \geq 0,4 \times S = 0,4 \times 77,5 = 31 \text{ m}^3/\text{s} \quad (16)$$

$$Q < 8 \times S = 8 \times 77,5 = 620 \text{ m}^3/\text{s} \quad (17)$$

Al tener un caudal calculado de $62,15 \text{ m}^3/\text{s}$, comprobamos que cumple el rango de los valores límite que se han establecido. Por lo tanto, el valor de caudal de $62,15 \text{ m}^3/\text{s}$ está permitido y es el que utilizaremos.

3. Calculo de la potencia del sistema de ventilación.

La pérdida de carga experimentada por un caudal de aire Q a lo largo de un trayecto, dependerá de la resistencia aerodinámica de dicho trayecto, es decir:

$$\Delta X = R \times Q^2 \quad (18)$$

Donde:

ΔX : pérdida de carga en Pa

R: resistencia aerodinámica en Ns^2/m^8

Q: caudal de aire en m^3/s

Ya conocemos el caudal de aire necesario para ventilar el túnel ($62,15 \text{ m}^3/\text{s}$). Para calcular la resistencia aerodinámica, y posteriormente la potencia necesaria de los ventiladores, hay que determinar primero la depresión que han de producir dichos ventiladores. Esta depresión viene determinada por tres factores.

- Resistencia aerodinámica en el túnel.
- Resistencia aerodinámica en la tubería.
- Resistencia aerodinámica en singularidades.

A continuación veremos cada uno de estos factores.

3.1. Resistencia aerodinámica en el túnel.

La ecuación que nos permite el cálculo de esta resistencia es:

$$R_{\text{túnel}} = \frac{1000}{8 \times g} \times \frac{\lambda \times \gamma \times P \times L}{S^3} = 153,03 \times \frac{\lambda \times P \times L}{S^3} \quad (19)$$

Donde:

- g: aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).
- λ : Coeficiente de pérdida de carga.
- γ : peso específico del aire. Puede considerarse que su valor es de $12,01 \text{ N/m}^3$.
- P: perímetro de conducto en el tramo considerado (m).
- S: sección del tramo considerado (m^2).
- L: longitud del tramo considerado (m).

El coeficiente de pérdida de carga λ es en función de:

- De las características del fluido, cuya influencia se estima mediante el número de Reynolds.
- De la forma de la sección y de la rugosidad del revestimiento.

Cuando el número de Reynolds es lo suficientemente grande y la rugosidad del revestimiento también es importante, el coeficiente de pérdida de carga se hace independiente del número de Reynolds, dependiendo solo de las condiciones del túnel.

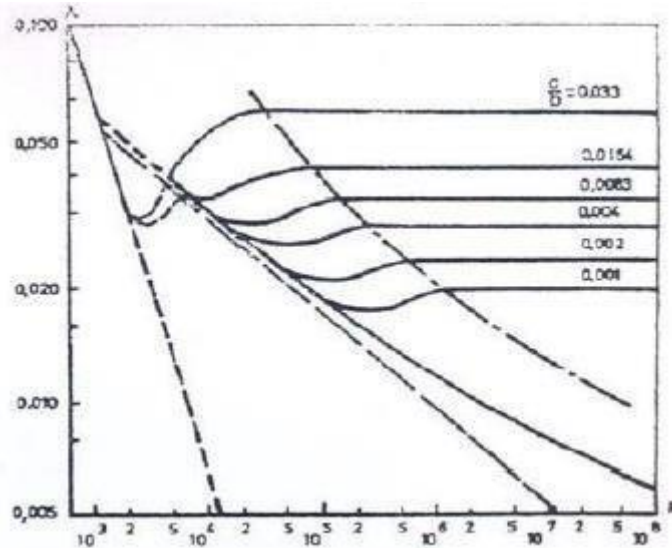


Figura 51. Variación del coeficiente de pérdida de carga con el número de Reynolds

Esto se cumple casi siempre en los problemas de ventilación de túneles, por adoptar un régimen de circulación turbulento.

Entonces, el coeficiente de pérdida de carga del túnel, se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\lambda = 0,7 \times \lambda_P + 0,3 \times \lambda_S \quad (20)$$

Donde:

- λ_P : coeficiente de pérdida de carga de las paredes.
- λ_S : coeficiente de pérdida de carga del suelo.

A continuación veremos los valores para estos coeficientes en las siguientes tablas.

El valor para la pérdida de carga de las paredes será 0,058 ya que tenemos la roca desnuda con pared bien recortada, mientras que para el coeficiente de pérdida de carga del suelo tendremos un 0,6 porque nuestra profundidad media las rugosidades (i) = 5 cm.

SOSTENIMIENTO			λ_p
ROCA DESNUDA	Pared bien recortada		0,058
	Pared con acabado medio		0,084
	Pared irregular		0,108
ROCA BULONADA	Pared bien recortada		0,058
	Pared con acabado medio		0,084
	Pared irregular		0,108
	Pared con tela metálica		0,130
ROCA REVESTIDA	Hormigón Liso		0,022
	Albañilería	Buen estado	0,025
		Estado Medio	0,030
		Irregular	0,040

Tabla 35. Coeficiente de pérdida de carga de las paredes

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	λ_s
Suelo hormigonado o asfaltado	0,03
$i = 5 \text{ cm}$	0,06
$i = 15 \text{ cm}$	0,08
$i = 30 \text{ cm}$	0,108

Tabla 36. Coeficiente de pérdida de carga del suelo

Por lo tanto calcularemos λ .

$$\lambda = 0,7 \times 0,058 + 0,3 \times 0,06 = 0,0586$$

Con λ calculado, determinaremos la resistencia aerodinámica en el túnel.

$$R_{\text{tunel}} = 153,03 \times \frac{0,0586 \times 22,72 \times 485,4}{77,5^3} = 0,21 \text{ } Ns^2/m^8$$

3.2. resistencia aerodinámica en la tubería.

El cálculo del valor de la pérdida de carga que experimenta el caudal de aire necesario en su circulación a lo largo del conducto de ventilación, viene dado por:

$$R_{\text{tubería}} = \frac{0,1 \times \lambda \times L}{D^5} \times Q^\alpha \times 9,81 \quad (21)$$

Donde:

- $R_{\text{tubería}}$: pérdida de carga en Pa.
- L : longitud de la tubería en m.
- D : diámetro de la tubería en m.
- Q : caudal que circula por la tubería en m^3/s .
- α : coeficiente que puede tomar los siguientes valores:
 - α : 2 en tuberías rígidas.
 - α : 1,7 en tuberías flexibles.
- λ : coeficiente de pérdida de carga.

TIPO DE TUBERÍA		COEFICIENTE DE PÉRDIDA DE CARGA λ
Rígidas	En materia plástica	0,0180
	Metálicas nuevas (lisas)	0,0205
	En contrachapa de madera	0,0220
Flexibles	Bien suspendidas	0,0210
	Mal suspendidas	0,0250

Tabla 37. Coeficiente de pérdida de carga en tuberías

El tipo de tubería que vamos a utilizar es flexible y bien suspendida por lo que nuestro λ será 0,021.

El diámetro de nuestra tubería la averiguaremos con la siguiente ecuación:

$$D = 0,29 \times \sqrt[3]{Qf} = 0,29 \times \sqrt[3]{62,15} = 2,28 \cong 2,3 \text{ m} \quad (22)$$

Dada la gran influencia que tiene el diámetro de la tubería aerodinámica (inversamente proporcional a la quinta potencia), se deben usar tuberías del mayor diámetro posible, aunque este limitado por el galibo.

Por tanto la resistencia aerodinámica de la tubería será:

$$R_{tuberia} = \frac{0,1 \times 0,021 \times 485,4}{2,3^5} \times 62,15^{1,7} \times 9,81 = 173,86 \text{ Pa}$$

3.3. Perdida aerodinámica en singularidades.

El flujo de aire a su paso por singularidades como entrada o salida de pozos de ventilación, emboquille, trampillas, etc., se encuentra con una resistencia determinada por la siguiente ecuación.

$$R_{sing} = \xi \times \frac{\gamma}{2 \times g \times S^2} \quad (23)$$

Donde:

- R_{sing} : resistencia aerodinámica de la singularidad en Ns^2/m^8 .
- ξ : coeficiente de fricción de la singularidad.
- γ : peso específico del aire ($12,01 \text{ N/m}^3$).
- g : aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).
- S : sección de la singularidad en m^2 .

TIPO DE SINGULARIDAD		ξ
Cambio de dirección en ángulo recto de aristas vivas		1,4
Cambio de dirección en ángulo recto sin aristas	Radio interior = 1/4 Radio exterior	0,6
	Radio interior = 2/5 Radio exterior	0,3
Emboquille		0,6
Trampilla		3,6
Enlace con pozo con aristas vivas		2
Enlace con pozo sin aristas		1

Tabla 38. Coeficiente de fricción de las singularidades

Como solo tenemos emboquille nuestro tipo de singularidad es 0,6.

Con este valor averiguado nuestra resistencia aerodinámica en singularidades es:

$$R_{sing} = 0,6 \times \frac{12,01}{2 \times 9,81 \times 77,5^2} = 6,11 \times 10^{-5} \text{Ns}^2/\text{m}^8$$

3.4. Calculo de la potencia necesaria para la ventilación de túneles en construcción.

Ya se ha calculado el caudal de aire necesario para ventilar el túnel (56,82 m³/s) y las tres resistencias aerodinámicas necesarias. Con todo esto, se puede proceder a continuación a obtener la pérdida de carga total, que se obtiene como la suma de las tres pérdidas de carga.

$$\text{Pérdida de carga túnel: } R_{tunnel} \times Q^2 = 0,21 \times 62,15^2 = 811,15 \text{ Pa} \quad (24)$$

$$\text{Pérdida de carga de la tubería: } R_{tuberia} = 173,86 \text{ Pa}$$

$$\text{Pérdida de carga en las singularidades: } R_{sing} \times Q^2 = 6,11 \times 10^{-5} \times 62,15^2 = 0,24 \text{ Pa} \quad (25)$$

Sumándolas obtendremos una pérdida de carga total de **985,25 Pa**

La dependencia de la pérdida de carga en el túnel puede representarse en el plano Q-H mediante una curva como veremos a continuación.

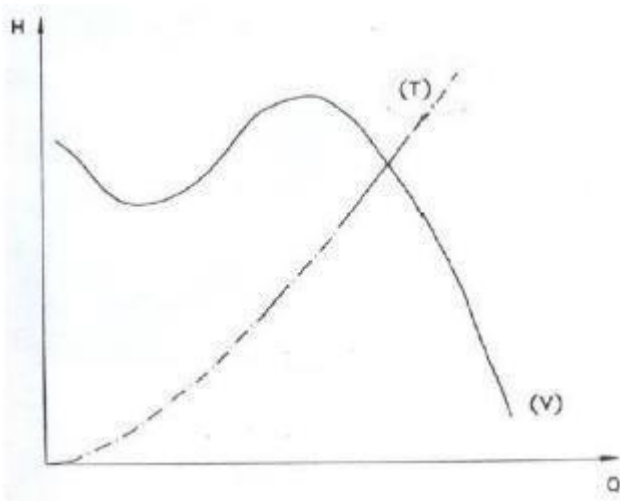


Figura 52. Curvas características del túnel y del ventilador (T-V)

El ventilador que deberá usarse será aquel cuya curva característica V corte a la del túnel T, lo más cercano posible al caudal Q calculado como necesario para realizar la ventilación del túnel.

En el punto de funcionamiento, la potencia absorbida por el ventilador será calculada de la siguiente forma:

$$W = \frac{Q \times \Delta H}{n} \quad (26)$$

Donde:

- W: potencia absorbida por el ventilador (W).
- Q: caudal suministrado por el ventilador (m³/s).
- ΔH: depresión producida por el ventilador (Pa).
- n: rendimiento del ventilador. Tomaremos un valor de 0,8.

Sustituyendo en la anterior ecuación tenemos:

$$W = \frac{62,15 \times 985,25}{0,8} = 76541,61 \text{ W} = 76,54 \text{ kW}$$

Con lo cual, hay que elegir que ventilador es más conveniente disponer en este Túnel.

Con los datos calculados de la potencia necesaria del ventilador (76,54 kW) y el caudal de aire que hay que ventilar (62,15 m³/s) y utilizando el catálogo de ventiladores de casa “Zitron” tenemos el modelo:

JZ 16-86/6, que puede llegar a ventilar un caudal de aire de 73,1 m³/s y absorbe una potencia total de 82,9 kW.

Como podemos ver tanto el caudal que hay que ventilar como la potencia que se necesita nos lo cumple nuestro modelo de ventilador y es el más óptimo para este túnel.

ANEJO III

“ILUMINACION,
DRENAJE Y
ELECTRIFICACION”

INDICE.

1. Drenaje.
2. Iluminación.
3. Electrificación.

1. Drenaje.

En este túnel el drenaje lo introduciremos debajo de una pequeña contrabobeda, específicamente en el centro.

El sistema se basará en la disposición de arquetas de registro cada 20 metros en las cuales entroncan unos tubos de diámetro inferior, en este caso 100 mm, provenientes de los hastiales del túnel y que permiten el drenaje de la impermeabilización instalada entre el sostenimiento y el revestimiento.

El recorrido de los tubos desde los hastiales hasta el centro de la contraboveda, teniendo una pendiente interior del 2% en ambos carriles, lo que ayudara a la circulación del agua hacia la arqueta.

2. Electrificación.

La red eléctrica de interior se abastecerá de una red de suministro, que deberá ser transformada a la tensión necesaria para su empleo directo por la maquinaria o equipos.

En nuestro túnel, la red eléctrica comienza en una subestación de transformación situada en la proximidad de las bocas del túnel, y que transforma la corriente tomada de la red en corriente de baja tensión (consiste en un cable protegido con tres fases y neutro, lo que permite la alimentación para energía a la tensión entre fases, y para iluminación a la tensión entre fase y neutro).

La corriente eléctrica se distribuye con la interposición de cuadros, que disponen de carcasa estanca de intemperie y tomas de corriente exteriores, alojando en su interior interruptores magnetotérmicos y diferenciales y sus correspondientes tomas de tierra.

Para dimensionar la red, hay que considerar una potencia máxima igual a la suma de las potencias punta que necesitarían todos los servicios en funcionamiento: ventilación, alumbrado, etc.

El frente de trabajo requiere unas instalaciones específicas para el correcto funcionamiento de la maquinaria eléctrica. Hay que diseñar una red de distribución que acerque los puntos de toma al frente, garantizando su disponibilidad para los diferentes niveles de servicio.

Por tanto, la red eléctrica a instalar dependerá fundamentalmente de los siguientes factores:

- La potencia y tensión de alimentación de los equipos eléctricos.
- Los equipos que previsiblemente estén en funcionamiento de manera simultánea.

- Las longitudes de las canalizaciones.
- El tipo de maquinaria a utilizar.

Como el suministro de energía eléctrica se realiza con una línea de media tensión, en el punto de enganche se instalara un centro de transformación de MT/5kV (C.T.1). de este transformador saldrá una línea de 5 kV para la alimentación de los equipos ubicados en el exterior de la boca (C.T.2) e interior del túnel (C.T.3), como podemos observar en la siguiente figura.

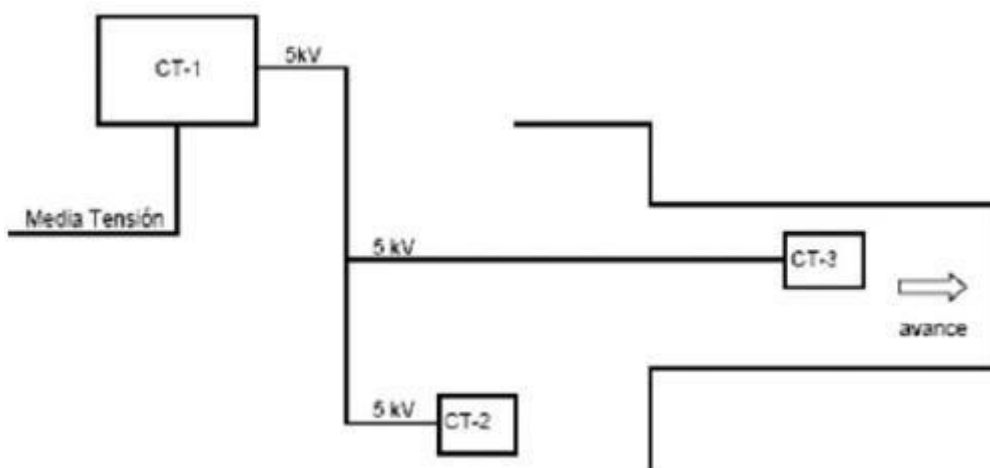


Figura 53. Esquema de instalación eléctrica

A continuación veremos una tabla donde se describen los equipos que trabajan desde el exterior (C.T.2).

EQUIPO	TENSION NOMINAL (V)	POTENCIA NOMINAL (Kw)
Ventilador	380	100
Compresor	380	110
Bomba de agua limpia	380	3,5
Líneas de iluminación	380	10
Oficinas	380	100
Total potencia nominal	323,5 kW	
Simultaneidad	0,8	
Potencia total	258,8 kW	

Tabla 39. Equipos del exterior

Por otro lado indicaremos los equipos que trabajan desde el interior del túnel.

EQUIPO	TENSION NOMINAL (V)	POTENCIA NOMINAL (kW)
Rozadora	380	190
Equipo de gunitado	380	45
Proyectores del frente	380	1,2
Bombas de achique	380	2
Total potencia nominal	240 kW	
Simultaneidad	0,8	
Potencia total	192 kW	

Tabla 40. Equipos del interior

3. Iluminación.

Los aparatos de iluminación se dispondrán lateralmente a la altura de arranque de la bóveda. Estos aparatos se orientan hacia el pavimento, con un punto de luz cada 5 metros, alternándose en una y otra pared.

La intensidad en las bocas debe ser máxima, para paliar el contraste con la luz solar, disminuyendo paulativamente a lo largo de unos 40 metros.

La altura a la que dispondremos los aparatos es de 5 m. la normativa nos recomienda que el valor del parámetro A/H (anchura vía/ altura luminaria) sea mayor que 1. Como el valor de anchura es 10,7 m y la altura de la luminaria es de 5 m tendremos que $10,7/5 = 2,14 > 1$. Por tanto nos cumple este requisito.

Los aparatos que usaremos como iluminación son TunLite LED de philips.



Figura 54. Luminaria TunLite

ANEJO IV “ESTUDIO DE GESTION DE RESIDUOS”

INDICE.

1. Introducción.
2. Definiciones.
3. Medidas de prevención de residuos.
 - 3.1. Prevención en la adquisición de materiales.
 - 3.2. Prevención en la puesta en obra.
 - 3.3. Prevención en el almacenamiento en obra.
4. Cantidad de residuos.
5. Medidas para la separación en obra.
6. Destino final.
7. Prescripciones del pliego sobre residuos.
 - 7.1. Obligaciones de los agentes intervinientes.
 - 7.2. Gestión de residuos.

1. Introducción.

Se redacta este Estudio de Gestión de Residuos de Construcción en cumplimiento del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción que establece, en su artículo 4, entre las obligaciones del productor de residuos de construcción la de incluir en proyecto de ejecución un Estudio de Gestión de Residuos de Construcción que refleje cómo se llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción que se vayan a producir en la obra.

En base a este Estudio, el poseedor de residuos redactará un plan que será aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad y pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

Este Estudio de Gestión de los Residuos, cuenta con el siguiente contenido:

- Estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002m por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- Relación de medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto. Las operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
- Las medidas para la separación de los residuos en obra, en particular para el cumplimiento por parte del poseedor de los residuos, de la obligación de separación establecida en el artículo 5 del citado Real Decreto 105/2008.
- Las prescripciones del Pliego de Prescripciones técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo, separación y en su caso otras operaciones de gestión de los residuos de construcción de la obra.
- Una valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo independiente.
- Si procede, un inventario de los residuos peligrosos que se generarán. Sin embargo en el presente proyecto no es necesario, por la inexistencia de residuos peligrosos.
- Planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y en su caso otras operaciones de gestión de los residuos de construcción dentro de la obra.

2. Definiciones.

- **Residuo:** Según la ley 10/98 se define residuo a cualquier sustancia u objeto del que su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse.
- **Residuo peligroso:** Materia que en cualquier estado físico o químico contiene elementos o sustancias que pueden representar un peligro para el medio ambiente, la salud humana o los recursos naturales. En última instancia, se considerarán residuos peligrosos los indicados en la Orden MAM/304/2020 por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, y en el resto de normativa nacional y comunitaria. También tendrán consideración de residuo peligrosos los envases y recipientes que hayan contenido residuos o productos peligrosos.
- **Residuo no peligroso:** Todos aquellos residuos no catalogados como tales según la definición anterior.
- **Residuo inerte:** Residuo no peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, ni reacciona física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixivialidad total, el contenido de contaminantes del residuo y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales o subterráneas.
- **Residuo de construcción:** Cualquier sustancia u objeto que cumpliendo con la definición de residuo se genera en una obra de construcción.
- **Código LER:** Código de 6 dígitos para identificar un residuo según la Orden MAM/304/2002.
- **Productor de residuos:** La persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición; en aquellas obras que no precisen de licencia urbanística, tendrá la consideración de productor de residuos la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de una obra de construcción o demolición.
- **Poseedor de residuos de construcción y demolición:** La persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostente la

condición de gestor de residuos. En todo caso, tendrá la consideración de poseedor la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición, tales como el constructor, los subcontratistas o los trabajadores autónomos. En todo caso, no tendrán la consideración de poseedor de residuos de construcción y demolición los trabajadores por cuenta ajena.

- Volumen aparente: volumen total de la masa de residuos en obra, espacio que ocupan acumulados sin compactar con los espacios vacíos que quedan incluidos entre medio. En última instancia, es el volumen que realmente ocupan en obra.
- Volumen real: Volumen de la masa de los residuos sin contar espacios vacíos, es decir, entendiendo una teórica masa compactada de los mismos.
- Gestor de residuos: La persona o entidad pública o privada que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de los mismos. Han de estar autorizados o registrados por el organismo autonómico correspondiente.
- Destino final: Cualquiera de las operaciones de valorización y eliminación de residuos enumeradas en la Orden MAM/304/2002 por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- Reutilización: El empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originariamente.
- Reciclado: La transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción para su fin inicial o para otros fines, incluido el compostaje y la biometanización, pero no la incineración con recuperación de energía.
- Valorización: Todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.
- Eliminación: Todo procedimiento dirigido, bien al vertido de los residuos o bien a su destrucción, total o parcial, realizado sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

3. Medidas de prevención de residuos.

3.1. Prevención en la adquisición de materiales.

La adquisición de materiales se realizará ajustando la cantidad a las mediciones reales de obra ajustando al máximo las mismas para evitar la aparición de excedentes de material al final de la obra.

Se requerirá a las empresas suministradoras a que reduzcan al máximo la cantidad y volumen de embalajes priorizando aquellos que minimizan los mismos.

Se primará la adquisición de materiales reciclables frente a otros de mismas prestaciones pero de difícil o imposible reciclado.

Se mantendrá un inventario de productos excedentes para la posible utilización en otras obras.

Se realizará un plan de entrega de los materiales en que se detalle para cada uno de ellos la cantidad, fecha de llegada a obra, lugar y forma de almacenaje en obra, gestión de excedentes y en su caso gestión de residuos.

Se priorizará la adquisición de productos a granel con el fin de limitar la aparición de residuos de envases en obra.

Aquellos envases o soportes de materiales que puedan ser reutilizados como los palets, se evitará su deterioro y se devolverá al proveedor.

Se incluirá en los contratos de suministro una cláusula de penalización a los proveedores que generen en obra más residuos de los previstos y que se puedan imputar a una mala gestión.

Se intentará adquirir los productos en módulo de los elementos constructivos en los que van a ser colocados para evitar retallos.

3.2. Prevención en la puesta en obra.

Se optimizará el empleo de materiales en obra evitando la sobredosificación o la ejecución con derroche de material especialmente de aquellos con mayor incidencia en la generación de residuos.

Los materiales prefabricados, por lo general, optimizan especialmente el empleo de materiales y la generación de residuos por lo que se favorecerá su empleo.

En la puesta en obra de materiales se intentará realizar los diversos elementos módulo del tamaño de las piezas que lo componen para evitar desperdicio de material.

Se vaciarán por completo los recipientes que contengan los productos antes de su limpieza o eliminación, especialmente si se trata de residuos peligrosos.

En la medida de lo posible se favorecerá la elaboración de productos en taller frente a los realizados en la propia obra que habitualmente generan mayor cantidad de residuos.

Se primará el empleo de elementos desmontables o reutilizables frente a otros de similares prestaciones no reutilizables.

Se agotará la vida útil de los medios auxiliares propiciando su reutilización en el mayor número de obras para lo que se extremarán las medidas de mantenimiento.

Todo personal involucrado en la obra dispondrá de los conocimientos mínimos de prevención de residuos y correcta gestión de ellos.

Se incluirá en los contratos con subcontratas una cláusula de penalización por la que se desincentivará la generación de más residuos de los previsibles por una mala gestión de los mismos.

3.3. Prevención en el almacenamiento en obra.

Se realizará un plan de inspecciones periódicas de materiales, productos y residuos acopiados o almacenados para garantizar que se mantiene en las debidas condiciones.

4. Cantidad de residuos.

Se presenta una estimación de las cantidades, expresadas en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

Siguiendo lo expresado en el Real Decreto 105/2008 que regula la producción y gestión de los residuos de construcción, no se consideran residuos y por tanto no se incluyen en la tabla las tierras y piedras no contaminadas por sustancias peligrosas reutilizadas en la misma obra, en una obra distinta o en una actividad de restauración, acondicionamiento o relleno, siempre y cuando pueda acreditarse de forma fehaciente su destino a reutilización.

La estimación de cantidades se realiza tomando como referencia los ratios estándar publicados en el país sobre volumen y tipificación de residuos de construcción más extendidos y aceptados. Dichos ratios han sido ajustados y adaptados a las características de la obra. La utilización de ratios en el cálculo de residuos permite la realización de una estimación inicial que es lo que la normativa requiere en este documento, sin embargo los ratios establecidos para proyectos tipo no permiten una definición exhaustiva y precisa de

los residuos finalmente obtenidos para cada proyecto con sus singularidades por lo que la estimación contemplada en la tabla inferior se acepta como estimación inicial y para la toma de decisiones en la gestión de residuos pero serán el fin de obra el que determine en última instancia los residuos obtenidos.

Según el Real Decreto 105/2008 los residuos de construcción y demolición deberán separarse en las siguientes fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades.

5. Medidas para la separación en obra.

Con objeto de conseguir una mejor gestión de los residuos generados en la obra de manera que se facilite su reutilización, reciclaje o valoración y para asegurar las condiciones de higiene y seguridad que se requiere en el artículo 5.4 del Real Decreto 105/2008, se tomarán las siguientes medidas:

- Las zonas de obra destinadas al almacenaje de residuos quedarán convenientemente señalizadas y para cada fracción se dispondrá un cartel señalizador que indique el tipo de residuo que recoge.
- Todos los envases que lleven residuos deben estar claramente identificados, indicando en todo momento el nombre del residuo, código LER, nombre y dirección del poseedor y el pictograma de peligro en su caso.
- Los residuos se depositarán en el lugar destinados a los mismos conforme se vayan generando.
- Los residuos se almacenarán en contenedores adecuados tanto en número como en volumen evitando en todo caso la sobrecarga de los contenedores por encima de sus capacidades límite.
- Los contenedores situados próximos a lugares de acceso público se protegerán fuera de los horarios de obra con lonas o similares para evitar vertidos descontrolados por parte de terceros que puedan provocar su mezcla o contaminación.
- Para aquellas obras en la que por falta de espacio no resulte técnicamente viable efectuar la separación de los residuos, esta se podrá encomendar a un gestor de residuos en una instalación de residuos de construcción y demolición externa a la obra.

6. Destino final.

Se detalla a continuación el destino final de todos los residuos de la obra, excluidos los reutilizados, agrupados según las fracciones que se generarán en base a los criterios de separación diseñados en puntos anteriores de este mismo documento.

Los principales destinos finales contemplados son: vertido, valorización, reciclado o envío a gestor autorizado.

7. Prescripciones del pliego sobre residuos.

7.1. Obligaciones agentes intervinientes.

Además de las obligaciones previstas en la normativa aplicable, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra. El plan, una vez aprobado, por la dirección facultativa y aceptada por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

El poseedor de residuos de construcción, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción se destinarán preferentemente y por este orden a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización y en última instancia a depósito en vertedero.

Según exige el Real Decreto 105/2008, el poseedor de los residuos estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión de los residuos.

El productor de residuos (promotor) habrá de obtener del poseedor (contratista) la documentación acreditativa de que los residuos de construcción producidos en la obra han sido gestionados en la misma o entregados a una instalación de valorización o de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos regulados en la normativa, y especialmente, en el plan o en sus modificaciones. Esta documentación será conservada durante cinco años.

En las obras de edificación sujetas a licencia urbanística la legislación autonómica podrá imponer al promotor (productor de residuos) la obligación de constituir una fianza, o garantía financiera equivalente, que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos

en dicha licencia en relación con los residuos de construcción de la obra, cuyo importe se basará en el capítulo específico de gestión de residuos del presupuesto de la obra.

7.2. Gestión de residuos.

Se prohíbe el depósito en vertedero de residuos de construcción que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo.

El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentre en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.

Se debe asegurar en la contratación de la gestión de los residuos, que el destino final o el intermedio son centros con la autorización autonómica del organismo competente en la materia. Se debe contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dichos organismos e inscritos en los registros correspondientes.

Para el caso de los residuos con amianto se cumplirán los preceptos dictados por el RD 396/2006 sobre la manipulación del amianto y sus derivados.

Las tierras que puedan tener un uso posterior para jardinería o recuperación de suelos degradados, serán retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, en condiciones de altura no superior a dos metros.

El depósito temporal de los residuos se realizará en contenedores adecuados a la naturaleza y al riesgo de los residuos generados.

Dentro del programa de seguimiento del plan de gestión de residuos, se realizarán reuniones periódicas a las que asistirán contratistas, subcontratistas, dirección facultativa y cualquier otro agente afectado. En las mismas se evaluará el cumplimiento de los objetivos previstos, el grado de aplicación del plan y la documentación generada para la justificación del mismo.

Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs que el destino final (planta de reciclaje, vertedero, cantera, incineradora, centro de reciclaje de plásticos/madera,...) sean centros autorizados. Así mismo se deberá contratar sólo los transportistas o gestores autorizados e inscritos en los registros correspondientes. Se realizará un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCDs deberán aportar los vales de cada retirada y entrega en destino final.

ANEJO V “ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD”

INDICE

1. Introducción.....	146
1.1. Título del proyecto.....	146
1.2. Recursos preventivos.....	146
1.3. Prevención de riesgos generales.	147
1.3.1. Accesos.....	147
1.3.2. Cerramiento.	147
1.3.3. Rampas.	147
1.3.4. Zonas de trabajo, circulación y acopio.	148
1.3.5. Protecciones colectivas a utilizar en la obra.....	150
1.3.6. Elementos de señalización y balizamiento de seguridad a utilizar.	152
1.3.7. Equipos de protección individual a utilizar en la obra	154
1.3.8 Normas generales referentes a personal en obra.....	156
1.3.9 Valoración de las medidas preventivas y protecciones técnicas previstas.....	157
1.4 Enfermedades profesionales propias de esta obra y su prevención.	158
1.4.1. Enfermedades osteo-articulares o agineuróticas provocadas por las vibraciones.....	159
1.4.2 Sordera profesional.....	160
1.4.3. Dermatitis.	161
1.5 Medidas preventivas frente a los riesgos.	161
1.5.1. Movimiento de tierras.....	161
1.5.1.1 Normas o medidas preventivas.....	161
1.5.2. Trabajos en altura	166
1.5.3. Estructuras.	167
1.5.4. Firmes y pavimentos.....	172
1.5.5. Obras de drenaje	175
1.5.6. Impermeabilización y aplicación de pinturas.	177
1.5.6.2 Equipos de protección individual.	178
1.5.7 Instalación de alumbrado	179
1.5.8 Restantes obras de fábrica	180
1.5.9 Desvíos Provisionales, corte de tráfico alternativo y Señalización durante la ejecución de las Obras	181

1. Introducción.

Este Estudio de Seguridad y Salud establece, durante la construcción de esta obra, las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores. Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para que redacte el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud en las obras de Construcción.

Según el Artículo 4 del Real Decreto 1627/97 de 24 de Octubre se indica la obligatoriedad, por parte del promotor, para que se realice un Estudio de Seguridad y Salud en los Proyectos para las obras de construcción, siempre que se cumplan alguno de los siguientes supuestos:

- Presupuesto de Ejecución por Contrata superior a 450.759,07 Euros.
- Duración estimada de los trabajos superior a 30 días laborales, empleándose en algún momento más de 20 trabajadores.
- Volumen de mano de obra superior a 500 jornadas.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En la presente obra se cumple o se supera alguna de las limitaciones anteriormente expuestas, por lo que se indica la obligatoriedad de realizar el presente Estudio de Seguridad y Salud.

1.1. Título del proyecto.

PROYECTO DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO DE UN TÚNEL EN CARRETERA DE RONDA (A-397).

1.2. Recursos preventivos.

En cumplimiento del RD 604/2006 del 19 de Mayo, se hace necesaria la inclusión de los recursos preventivos que se estimen necesarios, en aquellas actividades que conlleven especial riesgo para los trabajadores. En concreto las actividades contempladas en el RD 1627/97 de 24 de Octubre en su Anexo I.

1.3. Prevención de riesgos laborales.

131. Accesos.

Antes de vallar la obra, se establecerán accesos cómodos y seguros, tanto para personas como para vehículos y maquinaria. Si es posible, se separarán los accesos de personal de los vehículos y maquinaria. En ambas entradas se colocará la señal de “Prohibido el Paso a toda Persona Ajena a la Obra”. En el caso de que existan diversos tajos abiertos, cosa probable en una obra de este tipo, deberán estar señalizadas las zonas de acceso a los camiones, así como la de los operarios.

Si no es posible lo anterior se separará por medio de barandilla la calzada de circulación de vehículos y la de personal, señalizándose debidamente.

Todos los caminos y accesos a los tajos abiertos se mantendrán siempre en condiciones suficientes para que puedan llegar hasta ellos los vehículos de emergencia.

132. Cerramiento.

Se procederá al cerramiento perimetral de las zonas en obra e instalaciones, de manera que impida el paso de personas y vehículos ajenos a la misma.

La altura de dicha protección perimetral será de 2 metros como mínimo.

133. Rampas.

Se evitarán rampas, en la medida de lo posible superiores al 12% de pendiente. Si por condicionantes constructivos éstas superan el límite fijado, se extremarán las medidas de seguridad manteniendo un perfecto estado de compactación en la rampa proyectada y el auxilio de un señalista.

El ancho mínimo será de 4,5 m. en los tramos rectos y sobreancho adecuado en las curvas.

Se colocarán las siguientes señales:

- A la salida de la rampa señal de “stop”.
- A la entrada de la rampa señales de “limitación de velocidad “ y “entrada prohibida a peatones”.

Asimismo se señalizarán adecuadamente los dos laterales de la rampa estableciendo límites seguros para evitar vuelcos o desplazamientos de camiones o maquinaria.

134. Zonas de trabajo, circulación y acopio.

Circulación peatonal y de vehículos ajenos a la obra:

- El recinto de la obra o de los tajos de trabajo correspondiente a la misma estarán perfectamente delimitados mediante vallado perimetral o balizado de toda su área de influencia, susceptible de ser franqueada por personal o vehículos ajenos a la obra.
- En aquellos tajos que puedan generar caídas de objetos desde alturas superiores, se dispondrá una marquesina rígida o, en su defecto, se acordonará la zona de riesgo de posible interferencia entre los materiales desprendidos y la circulación ajena a la obra.
- Se dispondrán protecciones colectivas, en previsión de caídas de objetos desde los tajos situados en altura (redes, plataformas de recogida, etc.).
- Los obstáculos situados en las inmediaciones de la obra deberán estar adecuadamente balizados y señalizados.
- Se contratará un seguro de Responsabilidad Civil de la obra.
- Las señales de tráfico deberán ajustarse, en cuanto a su distribución y características, a lo establecido para obras en la instrucción 8.3-IC.

Circulación del personal de obra:

- Las conducciones y otros elementos situados a una altura inferior a 1,80 m., situados sobre los lugares de trabajo, habrán de estar adecuadamente señalizados, para evitar choques contra ellos.
- No se habilitarán como zonas de paso, zonas cuya anchura entre paramentos verticales sea inferior a 0,60 m.
- Los pasos bajo zonas de trabajo deberán disponer de marquesina rígida.
- Las zona de paso que deban superar zanjas y desniveles deben disponer de pasarelas con barandillas sólidas y completas.
- Los accesos fijos a distintos niveles de la obra deberán disponer de escaleras con peldaño amplio, sólido y estable, dotadas de barandillas o redes, cerrando los laterales.
- Las zonas de paso deben estar permanentemente libres de acopios y obstáculos.
- Los puntos de previsible caída de objetos desde tajos superiores, así como las zonas de peligro por evolución de máquinas en movimiento, deben permanecer perfectamente acotadas mediante balizas y señalización de riesgo.

- Los huecos horizontales o verticales con riesgos de caídas de altura de personas u objetos, deben estar condenados, protegidos o, como mínimo y en momentos puntuales, señalizados.
- Todas las zonas de paso del personal contarán con iluminación suficiente.

Circulación de vehículos de obra.

Previo al establecimiento definitivo de zonas de paso para vehículos de obra, se habrá comprobado previamente el buen estado del firme, especialmente en lo relativo a terraplenes, rellenos y terrenos afectados por la climatología, manteniendo la obra siempre limpia y retirándose los residuos vertidos por los camiones, éstos antes de salir al exterior pasarán por la zona de lavado, situada junto al foso de tierras en la zona de instalaciones de obra.

Los cables eléctricos y mangueras no deben verse afectados por el paso de vehículos, acudiendo si es preciso a la canalización enterrada o mediante una protección de tabloncillos al mismo nivel o, en su defecto, procediendo a realizar una conducción elevada a más de 3 m. de altura.

Las excavaciones al descubierto, próximas a zonas de circulación de vehículos de obra, estarán sólidamente protegidas con rodapiés, tierras de excavación o canaleta, situados a 1 m del perímetro del hueco.

Almacenamiento de combustible.

Los depósitos de combustible que se encuentren en obra para suministro de maquinaria cumplirán con la normativa de Reglamentación de Instalaciones Petrolíferas (R.D. 2085/94 de 20 de octubre y R.D. 2487/94 de 23 de diciembre), y con la ITC e IP03 sobre consumos propios.

Las operaciones de trasvase de combustible han de efectuarse con una buena ventilación, fuera de la influencia de chispas y fuentes de ignición. Se preverá, asimismo, las consecuencias de posibles derrames durante la operación, por lo que se debe tener a mano tierra o arena para empapar el suelo.

La prohibición de fumar ó encender cualquier tipo de llama ha de formar parte de la conducta a seguir en estos trabajos.

135. Protecciones colectivas a utilizar en la obra.

- Anticáidas retráctil automático, compuesto por dos semicárteres de alta resistencia, cable galvanizado de diámetro 4 mm y de 15 metros de longitud, con conector de tornillo.

- Línea de vida horizontal de seguridad para anclaje y desplazamiento de los arneses de seguridad, con cable fiador de acero de 8 m de diámetro, fijada a apoyos formados por placa de continuidad y tubo de acero de 35 mm de diámetro, incluso tensores de amarre.
- Tapón de plástico "seta cubre-espera" a colocar en ferralla. Tapa provisional para arquetas de diversas dimensiones, huecos horizontales o asimilables, formada mediante tablones de madera de 20x5 cm, armados mediante clavazón, incluso colocación.
- Chapón de acero de 200x100x25 mm como paso de vehículos para paso medio sobre pequeñas zanjas de anchura máxima 80 cm, amortización en varios usos, suministro, montaje y desmontaje.
- Barandilla de protección de 0,90 m de altura en bordes de tableros y estribos formada por guarda cuerpos metálicos embutidos en la propia estructura y pasamanos, listón intermedio y rodapié formado por tablones de 250x20x5 cm. Incluso cartuchos embebidos en el hormigón.
- Barandilla de protección de 0,90 m de altura en bordes de tableros y estribos formada por guarda cuerpos metálicos fijados por apriete a la estructura, y pasamanos, listón intermedio y rodapié formado por tablones de 250x20x5 cm. Incluso cartuchos embebidos en el hormigón.
- Barandilla de protección en perímetro de estructura de suelo reforzado, formado por sargentos metálicos con base de fijación a los módulos prefabricados de la estructura, pasamanos, listón intermedio y rodapié formado por tablones de 250x20x5 cm. (Amortizable en varios usos).
- Red mosquitera a colocar tras barandilla de protección en borde de tableros con el fin de evitar caída de materiales a carretera o camino bajo estructura. Incluso suministro, montaje y desmontaje.
- Plataforma volada de protección, incluso barandilla de protección y rodapié, incluso montaje, elementos para su estabilidad y desmontaje.
- Protección de estructura mediante red de seguridad de poliamida en disposición horizontal a colocar en huecos horizontales de estructuras. Incluso p.p. de anclajes de red y cuerda de sujeción, incluso desmontaje.
- Pasarela para pasos sobre zanjas formada por tres tablones de 20x7 cm cosidos a clavazón y doble barandilla formada por pasamanos de madera de 20x5 rodapié y

travesaño intermedio de 15x5 cm, sujetos con pies derechos de madera cada 1 m, incluso colocación y desmontaje.

- Valla metálica para cierre de obra o tajos de 2 metros de altura y 2,50 metros de largo con pies prefabricados de hormigón, con elementos de unión a otra valla. Incluso p.p. de colocación y retirada de la misma.
- Valla autónoma metálica de 2,5 metros de largo y 1 metro de altura, color amarillo, para contención de peatones (Amortizable en varios usos).
- Alquiler de detector eléctrico de redes y servicios alimentado por baterías; dotado de mochila de transporte y de cincha de soporte al hombro. Operado y calibrado por una entidad de control de calidad.
- Tope final de recorrido de camiones formado por calzos de madera.
- Camión de riego para evitar atmósferas pulverulentas. Incluso conductor, carga, transporte y descarga de agua mediante aspersor.
- Extintor manual A.F.P.G. de polvo seco polivalente de 6 kg.; colocado sobre soporte fijado al paramento vertical, incluso p.p. de pequeño material y desmontaje.
- Extintor manual de CO₂ de 6 kg., colocado sobre soporte fijado al paramento vertical, incluso p.p. de pequeño material y desmontaje.
- Extintor portátil
- Manta apagafuegos de 120x120 cm
- Instalación de puesta a tierra compuesta por cable de cobre, pica (o placa de cobre), electrodo, etc. según R.E.B.T.
- Transformador de seguridad de 24 v para alimentación de máquinas y herramientas en zonas húmedas según R.E.B.T.
- Interruptor diferencial de alta sensibilidad (30 MA) incluida instalación en alumbrado y fuerza, según R.E.B.T.
- Funda termo retráctil antihumedad compuesta por clavija y enchufe. Instalada.

136. Elementos de señalización y balizamiento de seguridad a utilizar en la obra.

- Pórtico para protección de líneas aéreas, y de gálibo para pasos bajo estructuras. Incluso montaje y desmontaje.
- Cono reflectante de gran resistencia de 50 cm de altura para balizamiento en el interior de la traza de la obra.

- Paleta de señalización de seguridad manual a dos caras top/dirección obligatoria reflectante.
- Piqueta reflectante de balizamiento TB-7 de 30x10 cm, incluso soporte de 30 cm. Totalmente colocada para señalización en el interior de la traza de la obra.
- Malla de polietileno de alta densidad, tipo stopper, con tratamiento ultravioleta, de 1 metro de altura de color naranja reflectante para balizamiento interior de obra.
- Bobina de cinta de polietileno no adhesiva de 500 m de longitud, 80 mm de ancho y 6 mm de espesor a dos colores (rojo y blanco), incluso colocación y desmontaje.
- Panel genérico indicativo de varios riesgos de dimensiones 150x100 cm. Incluso p.p. de suministro, instalación en puntos de entrada a tajos, cambios en la ubicación y retirada.
- Panel genérico indicativo de medidas preventivas de dimensiones 150x100 cm. Incluso p.p. de suministro, instalación en tajo, cambios en la ubicación y retirada.
- Señal o cartel indicativo de protección obligatoria reflectante de dimensiones 0,30x0,30 cm. Incluso p.p. de suministro, instalación en tajo, cambios en la ubicación y retirada.
- Señal o cartel de advertencia de riesgo reflectante de dimensiones 0,30x0,30 cm. Incluso p.p. de suministro, instalación en tajo, cambios en la ubicación y retirada.
- Señal o cartel de peligro determinado reflectante de dimensiones 0,30x0,30 cm. Incluso p.p. de suministro, instalación en tajo, cambios en la ubicación y retirada.
- Señal o cartel de prohibición determinada reflectante de dimensiones 0,30x0,30 cm. Incluso p.p. de suministro, instalación en tajo, cambios en la ubicación y retirada.
- Señal o cartel de prevención de incendios reflectante de dimensiones 0,30x0,30 cm. Incluso p.p. de suministro, instalación en tajo, cambios en la ubicación y retirada.
- Señal o cartel de señalización de primeros auxilios reflectante de dimensiones 0,30x0,30 cm. Incluso p.p. de suministro, instalación en local, cambios en la ubicación y retirada.
- Señal metálica de regulación de tráfico reflectante en el interior de la obra. Incluso p.p. de suministro, instalación, cambios en la ubicación y retirada.
- Baliza luminosa intermitente de luz amarilla TL-10 para su instalación provisional en obra. Incluso p.p. de suministro, instalación, cambios en la ubicación y retirada.
- Panel metálico reflectante direccional estrecho, tipo TB-2 en el interior de la obra. Incluso p.p. de suministro, instalación, cambios en la ubicación y retirada.

- Barrera de hormigón prefabricada New Jersey a colocar en perímetro de excavaciones realizadas en zonas de circulación de tráfico de obra por el interior de la misma, amortizable en varios usos. Incluso suministro, colocación y transporte de un lugar a otro de la obra.
- Módulo de barrera de plástico tipo New Jersey en dos colores, rojo y blanco, rellena de arena o agua. Incluso p.p. de suministro, instalación, cambios en la ubicación y retirada.
- Barrera de hormigón prefabricada New Jersey a colocar en perímetro de excavaciones realizadas en zonas de circulación de tráfico de obra por el interior de la misma, amortizable en varios usos. Incluso suministro, colocación y transporte de un lugar a otro de la obra.
- Módulo de barrera de plástico tipo New Jersey en dos colores, rojo y blanco, rellena de arena o agua. Incluso p.p. de suministro, instalación, cambios en la ubicación y retirada.

13.7. Equipos de protección individual a utilizar en la obra.

Los equipos de protección individual a utilizar para la ejecución de cada una de las actividades constructivas que componen la obra, se incluyen en los correspondientes apartados.

A continuación se indican los equipos de protección individual a utilizar en la presente obra:

- Casco de seguridad con arnés de adaptación.
- Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas.
- Pantalla de seguridad para soldador, con fijación en cabeza.
- Pantalla de seguridad para soldadura oxiacetilénica, abatible con fijación en cabeza.
- Gafas protectoras contra impactos, incoloras.
- Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas.
- Semi-mascarilla antipolvo un filtro.
- Protectores auditivos con arnés a la nuca.
- Juego de tapones antiruido de silicona ajustables.
- Faja protección lumbar.
- Traje impermeable de trabajo, 2 piezas de PVC.
- Traje de agua color verde tipo ingeniero.

- Impermeable $\frac{3}{4}$ de plástico, color amarillo.
- Parka de abrigo para el frío.
- Mandil de cuero para soldador.
- Peto reflectante.
- Par guantes de lona protección estándar.
- Guantes de piel-conductor.
- Guantes de uso general de lona y serraje.
- Guantes alta resistencia al corte.
- Guantes para soldador.
- Guantes aislantes para protección de contacto eléctrico en tensión hasta 5.000 V.
- Botas de seguridad con plantilla y puntera de acero.
- Botas de agua de seguridad con plantilla y puntera de acero.
- Polainas para soldador.
- Arnés de seguridad con amarre dorsal + doble amarre torsal + amarre lateral y acolchado en cintura y piernas.
- Arnés de seguridad con amarre dorsal + amarre torsal + amarre lateral, acolchado y cinturón giro 180°.
- Chaleco de obras reflectante.
- Brazaletes reflectante.

138. Normas generales referentes a personal en obra.

Todos los trabajadores dispondrán de la formación básica requerida, en materia de Seguridad y Salud, para el desempeño de sus funciones. Dicha formación vendrá condicionada por el nivel, en la línea jerárquica y el modelo de organización de la prevención establecida por las distintas empresas.

No se autorizará el alejamiento del encargado o capataz, el cual deberá hallarse en todo momento con el grupo de trabajo, a disposición del coordinador y de los empleados de la Dirección de la Obra.

Cuando un vehículo se halle parado en la zona de trabajo, cualquier operación de entrada o salida de personas, carga o descarga de materiales, apertura de portezuelas, volcado de cajas basculantes, etc., deberá realizarse exclusivamente en el interior de la demarcación de la zona de trabajo, evitando toda ocupación de zonas abiertas al tráfico o caminos de paso de maquinaria de obra.

El conductor que, emprendiendo la marcha a partir del reposo, deba salir de la zona delimitada, está obligado a ceder la preferencia de paso a los vehículos que eventualmente lleguen a aquélla.

Si la zona de trabajo se halla situada en el margen derecho de la calzada de una carretera (arcén o carril de marcha normal), el conductor deberá mantener su vehículo en el citado arcén hasta que haya alcanzado una velocidad de cuarenta kilómetros (40 km./h), al menos, y sólo entonces podrá colocarse en el carril de marcha normal, teniendo la precaución de señalar claramente tal maniobra mediante el uso de señales de dirección.

Está prohibido realizar la maniobra de retroceso, si no es en el interior de las zonas de trabajo debidamente delimitadas. Cuando tal maniobra se hiciese necesaria por causa de la obra, en carreteras, deberá realizarse exclusivamente en el arcén y con la ayuda de un hombre provisto de una bandera roja si es de día, o de una lámpara roja si es de noche o en condiciones de escasa visibilidad, que señale anticipadamente la maniobra a los vehículos que se acerquen.

Durante la realización de todos aquellos trabajos que se deban ejecutar no estando bajo cubierto se tendrá en cuenta lo siguiente:

En presencia de lluvia, nieve, heladas o vientos superiores a 60 km/hora:

- Se suspenderá cualquier trabajo que haya que realizar en altura.
- En presencia de heladas, lluvia o nieve se suspenderán los trabajos sobre encofrados para evitar el riesgo de accidentes por resbalones al caminar sobre los tableros.
- Se suspenderá cualquier trabajo de movimiento de tierras (excavaciones, zanjas, taludes, etc.).
- Se extremarán al máximo las medidas de seguridad.

Todos los vehículos, instrumentos o materiales pertenecientes o utilizados por el Contratista deberán dejarse debidamente aparcados o almacenados durante la suspensión de las obras.

1.39. Valoración de las medidas preventivas y protecciones técnicas previstas.

De acuerdo a la probabilidad de aparición de los riesgos que se prevén y de la importancia que las medidas a adoptar suponen para la protección de los trabajadores, podemos valorar las medidas preventivas y las protecciones técnicas previstas, así como las recomendaciones para su gestión, conforme a la siguiente tabla:

GESTIÓN DE ACCIONES		CONSIDERACIÓN DE LAS MEDIDAS A ADOPTAR		
		Ligeramente importantes	Importantes	Extremadamente importantes
PROBABILIDAD APARICIÓN RIESGOS	Baja (B)	Triviales	Fundamentales	Moderadas
	Media (M)	Fundamentales	Moderadas	Importantes
	Alta (A)	Moderadas	Importantes	Imprescindibles

Tabla 41. Medidas preventivas y protecciones técnicas previstas.

Esta evaluación de daños debe ser dinámica, revisando la evaluación inicial cuando así lo establezca una disposición específica o cuando se hayan detectado daños a la salud de los trabajadores o bien cuando las actividades de prevención resulten inadecuadas o insuficientes.

Dependiendo de dicha valoración se procederá de una manera u otra, emprendiendo las acciones que se estimen oportunas para, en su caso, disminuir o, incluso, eliminar el riesgo.

Seguidamente se sintetizan las acciones a emprender según la valoración establecida:

RESULTADO DE EVALUACIÓN	ACCIÓN A EMPRENDER
Triviales	No requieren acción inmediata específica
Fundamentales	No es preciso mejorar la acción preventiva, aunque se deben considerar mejoras que no supongan una carga económica importante; se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Moderadas	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas previstas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado.
Importantes	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo; es posible que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. En caso de riesgo sobrevivido, deberán tomarse las medidas oportunas en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Imprescindibles	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si esto no es posible, deberá prohibirse el trabajo.

Tabla 42. Acciones a emprender

En el presente Estudio se establecen las normas a adoptar y las medidas preventivas necesarias para reducir los riesgos a niveles fundamentales, valorando los medios humanos y materiales necesarios para tal fin.

1.4. Enfermedades profesionales propias de esta obra y su prevención.

La enfermedad profesional es, al tiempo que una clasificación médica, un concepto jurídico, que en España se deduce inmediatamente de su definición legal, por la cual, se entenderá por enfermedad profesional: “la contraída a consecuencia del trabajo por cuenta ajena en las actividades que se especifiquen en el cuadro que se apruebe por las disposiciones de aplicación y desarrollo de la Ley (Real Decreto de 1995/1978 de 12 de Mayo. Cuadro de enfermedades profesionales. BOE de 25 de Agosto y Real Decreto 2821/1981 de 27 de Noviembre .

Modifica el Real Decreto 1995/1978, BOE de 1 de Diciembre), y que esté provocada por la acción de los elementos que en dicho cuadro se indiquen para cada enfermedad profesional”.

Las principales enfermedades profesionales propias de esta obra son las siguientes:

14.1. Enfermedades osteo-articulares o agineuroticas provocadas por las vibraciones.

Agente: Vibraciones producidas por maquinaria de extracción, transporte, trabajos con herramientas portátiles y maquinas fijas para perf orar, remachar, apisonar, martillar, apuntalar, prensar, etc. que produzcan vibraciones.

Trabajos que pueden provocarla: Demoliciones; desbroces del terreno; movimientos de tierras; vertido, extendido y compactado de capas de la explanada y firme; cimentaciones y estructuras (hormigonados).

Síntomas: Los efectos de la vibración en las manos producen un conjunto de síntomas inespecíficos que se llaman síndrome de las vibraciones. Afectan al sistema vascular (se manifiesta con palidez y dolor de los dedos de las manos ante la exposición al frío), a los nervios periféricos (artrosis) y al sistema músculo esquelético (neuropatías).

Medidas de control: El mejor diseño de las herramientas vibratorias y el empleo de guantes protectores antivibratorios deben prevenir los efectos peligrosos de una exposición profesional a vibraciones. También es importante el adecuado mantenimiento de los instrumentos. Además, debe disminuirse el riesgo acortando el tiempo de exposición.

Reconocimientos médicos de ingreso y periódicos (vigilancia específica de la salud):

- Estudio completo de antecedentes médico-laborales: no se deberán exponer a vibraciones las personas con alteraciones renales, de oído o con problemas músculo-esqueléticos.
- Exploración física: enfocada sobre todo sobre la circulación sanguínea periférica, sobre el sistema nervioso y sobre el aparato locomotor (músculos y articulaciones).
- Exploraciones complementarias: cada 2 ó 5 años, que constarán de radiografías de las articulaciones más expuestas a las vibraciones.

142 Sordera profesional.

Agente: Ruido producido por maquinaria de extracción, transporte, trabajos con herramientas portátiles y maquinas fijas para perforar, martillar, apuntalar, etc.

Trabajos que pueden provocarla: Demoliciones; movimientos de tierras mediante medios mecánicos y neumáticos.

Síntomas: Deterioro progresivo en el oído produciendo la pérdida de audición conocida como hipoacusia profesional, que en su fase más avanzada termina en sordera profesional.

Medidas de control: La medida esencial es reducir los niveles de sonido, mediante medios técnicos y medidas correctoras. Se utilizan paneles antirreflexión, instalación de deflectores, etc. Lo ideal es actuar antes, diseñando maquinaria menos ruidosa.

Es necesario formar e informar a los trabajadores para que utilice equipos protectores.

Para el control y valoración del ruido ambiental, se realizarán mediciones periódicas, con equipos homologados y en el lugar donde la persona desarrolla su labor habitual.

Debe realizarse un reconocimiento inicial, antes de la exposición al ruido o al comienzo de ésta y revisiones periódicas en intervalos adecuados a la gravedad del riesgo.

En cada reconocimiento debe hacerse una otoscopia combinada con un control audiométrico.

El reconocimiento médico inicial incluirá una historia clínico-laboral completa, la otoscopia y el control audiométrico. Debe repetirse en los dos meses siguientes.

Cuando el nivel diario equivalente ambiental de ruido esté situado entre 80 y 85 dB, la revisión deberá efectuarse como mínimo cada 5 años y si está entre 85 y 90 dB, cada 3 años.

143. Dermatitis.

Trabajos que pueden provocarla: Trabajos en contacto con el cemento (hormigonados).

Síntomas: En su forma más aguda, se presenta con enrojecimiento, hinchazón, vesículas o ampollas, localizadas en las manos, los antebrazos y la cara.

Medidas de control: Debe limitarse el contacto de la piel con los agentes causales mediante medidas de control técnico y/o equipos de protección individual (guantes, botas, ropa de trabajo adecuada, etc.).

Debe proporcionarse las instalaciones básicas de aseo personal y debe estimularse la utilización de las mismas o hacerla obligatoria.

1.5. Medidas preventivas frente a los riesgos.

La reglamentación actual de Seguridad y Salud contempla la obligatoriedad de identificar los riesgos evitables y los no eliminables, así como las medidas técnicas a adoptar para cada uno de ellos.

Los estudios sobre la siniestralidad en las obras de Edificación e Ingeniería Civil, denotan que un altísimo porcentaje de los accidentes de obra se deben a la habitual tendencia de los operarios a relajarse en la adopción de las medidas preventivas establecidas.

A continuación se enumeran dichos riesgos, así como las medidas preventivas y protecciones individuales y colectivas a emplear, para las diferentes actividades que componen la presente obra.

1.5.1. Movimiento de tierras.

Se refiere el presente apartado a los movimientos de tierra a cielo abierto, en los que se hace necesario el uso de maquinaria auxiliar.

1.5.1.1. Normas o medidas preventivas.

El talud de las excavaciones a realizar, en donde pueda llegar a existir riesgo de desprendimiento o deslizamiento de tierras, y que pueda afectar a la integridad física de algún operario, será próximo o igual al talud natural, de tal forma que anulemos dichos riesgos.

Cuando no pueda ser viable realizar tal talud, por problemas mayores, de ejecución, y dependiendo del tipo de terreno, y si se han de realizar trabajos en el fondo de la misma por operarios, cuando exista riesgo de desprendimientos de tierras, será preciso realizar entibación, con referencia a la excavación en zanja.

Los caminos de servicio estarán:

- Libres de obstáculos.
- Señalizados los peligros de zanjas, estrechamientos, zonas de desprendimientos, velocidad máxima, etc.
- Con visibilidad suficiente, caso de haber excesivo polvo, se regarán.

Antes de iniciar un trabajo se tendrá la certeza de que no puede haber desprendimientos debidos a falta de saneo o trabajos de otros operarios en niveles superiores.

No se permitirá a los maquinistas realizar operaciones arriesgadas como dejar orugas en el aire, o desbrozar y empujar hacia arriba los materiales en fuertes pendientes, dado que las máquinas pueden volcar.

En los trabajos de saneo, se revisará el material de amarre de los operarios, su fijación y no situarse el personal en distintos niveles con peligro de que el saneo realizado por unos, alcance a otros.

Después de días de lluvia, revisará los taludes y desprendimientos que haya observado.

Siempre que se pueda se construirá una barrera con objeto de que las piedras queden en ella. Periódicamente se limpiará.

Durante la operación de carga no permitirá que haya personal en el radio de acción de la cargadora, ni que circule o permanezca personal al lado opuesto del camión para el que se realiza la carga.

Antes de salir un camión cargado, se revisará el estado de la carga y eliminadas las piedras que pudiesen caer del mismo durante el trayecto.

Se ordenará el tráfico de vehículos y dispondrá de personal que ayude a los camiones o máquinas en las operaciones de marcha atrás, de forma que estas personas estén fuera del alcance de los vehículos, pero visibles por sus operarios.

No se permitirá que se arranque o cargue material haciendo cueva, con lo que podría ser atrapado el maquinista en un desprendimiento.

Se señalará a todos los maquinistas los puntos en que pudiera estar comprometida la estabilidad de la máquina.

Los muros de contención existentes en caso de fuertes lluvias serán revisados por el Capataz, (Encargado o Servicio de Prevención), antes de reanudar las tareas interrumpidas por cualquier causa, con el fin de detectar las alteraciones del terreno que denoten riesgo de desprendimiento.

La coronación de los muros de contención, se protegerán mediante una barandilla de 90 cm de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié, situada a 0,50 metros como mínimo del borde de coronación del muro. Independientemente del vallado de dos metros a situar en todo el perímetro de la obra.

Se inspeccionarán antes de la reanudación de trabajos interrumpidos por cualquier causa el buen comportamiento de las entibaciones, comunicando cualquier anomalía a la Dirección de la Obra tras haber paralizado los trabajos sujetos al riesgo detectado.

Se prohíbe permanecer (o trabajar) en el entorno del radio de acción del brazo de una máquina para el movimiento de tierras.

Se prohíbe permanecer (o trabajar) al pie de un frente de excavación recientemente abierto, antes de haber procedido a su saneo, (entibado, etc.).

Las maniobras de carga a cuchara de camiones, serán dirigidas por el Capataz, Encargado o Servicio de Prevención.

Antes de comenzar los trabajos de terraplenado y compactación se tomarán las medidas indicadas en el apartado de arranque y carga para evitar desprendimientos imprevistos en la carretera de servicio.

Se pondrá personal que ordene el tráfico y ayude en las operaciones de marcha atrás. Este personal indicará el lugar de descarga, procurando hacerla a distancia del borde con talud para evitar la caída de material.

Al bascular un camión al borde de un talud para rellenar, lo hará a distancia suficiente para evitar el vuelco, y si no hubiese ayudante se pondrá un tope físico que impida que el camión se aproxime en exceso al borde.

Las máquinas de compactación harán las maniobras a distancia del borde y sus maquinistas conocerán los puntos donde pudiera estar comprometida la estabilidad de la máquina.

Entibación de taludes.

Gunitado.

Comprobar el sistema de comunicación, operador de grúa-plataforma.

Ubicar el material necesario dentro de la plataforma, previa revisión del mismo. En este caso mangueras, herramientas manuales, codo o cuerda para sujetar la manguera principal.

Se revisará la gunitadora para asegurar el funcionamiento correcto y seguro, por el responsable de equipo de la proyección.

En la base de la plataforma se colocarán el mínimo número de objetos para facilitar el movimiento del trabajador por la misma.

Los operarios, en el momento en el que se encuentren en la plataforma, amarrarán su arnés de seguridad a los puntos habilitados a tal fin. Una vez arriba y cuando se inicie la proyección, se utilizarán los equipos de protección individual pertinentes.

El operario deberá agarrar firmemente el cañón proyector, para contrarrestar las posibles sacudidas provocadas por posibles atascos. La manguera se deberá sujetar a la altura del centro de gravedad del cuerpo para evitar así sobreesfuerzos. Cuando se realicen giros se hará con todo el cuerpo, no sólo desde la cintura.

En caso de avería o atranque de la gunitadora, se avisará en primer lugar al operador de grúa y de la gunita, y este último, desconectará el equipo. A continuación se verá el alcance y, si es necesario para proceder, se bajará la plataforma hasta el suelo para solucionarlo. En ningún caso se introducirá ningún objeto o parte del cuerpo sin desconectar el equipo. Para los arreglos se utilizarán las protecciones descritas por el fabricante.

Si el trabajo lo requiere, se emplearán vientos desde tierra como apoyo a la grúa móvil autopropulsada y dirigir la operación. Durante la ejecución de estos trabajos, no se trabajará a distintos niveles, no permaneciendo operarios en la proyección en planta de la plataforma, ni en el entorno.

Dependiendo del puesto ocupado, los equipos de protección individual serán los siguientes:

- Gunitador en plataforma:
 - Arnés anticaída.
 - Casco.
 - Guantes.
 - Gafas y mascarilla adecuada
 - Ropa de trabajo
- Operador gunitadora:
 - Casco

- Guantes
- Gafas y mascarilla adecuada
- Ropa de trabajo
- Auxiliar plataforma:
 - Casco
 - Guantes y mascarilla adecuada
 - Ropa de trabajo

Labores complementarias: encofrados, saneos, desbrozas, tendido de malla, etc.

- Ubicar adecuadamente y de forma segura los medios necesarios para la ejecución.
- Comprobar el sistema de comunicación operador de grúa- plataforma.
- Nada más subirse a la plataforma deberá amarrar el arnés de seguridad a los puntos habilitados a tal fin.
- Si el trabajo lo requiere, se emplearán vientos desde tierra como apoyo a la grúa y dirigir la operación.
- Durante la ejecución de estos trabajos, no se realizarán trabajos a distintos niveles, no permaneciendo operarios en la proyección en planta de la plataforma ni en el entorno.
- Los equipos de protección individual a utilizar se elegirán en función de los riesgos que conlleven dichas labores. En todo caso, siempre se dispondrá de:
 - Arnés anticaída.
 - Casco.
 - Ropa de trabajo.

152 Trabajos en altura.

Consideraremos trabajos en altura a todos aquellos que se realicen por encima de dos metros de altura y hagan imprescindible la adopción de protecciones preventivas.

Normas o medidas preventivas tipo.

A continuación se analizan una serie de criterios técnicos, que desde el punto de vista de la prevención, pueden permitir seleccionar el método a utilizar durante la ejecución de un trabajo en altura.

Estos criterios no son necesariamente determinantes, sino que permiten orientar la decisión en función de una serie de parámetros estudiados.

En el cuadro adjunto se muestran dichos criterios que en función del caso real a analizar (última columna), nos orientarán hacia el método de trabajo más adecuado desde el punto de vista de prevención.

En cuanto a las características que aparecen en la tabla, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Altura: es la altura máxima a la que se debe desarrollar el trabajo.
- Suelo: se refiere a las características de nivelación y estabilidad del firme.
- Entorno: protección frente a posibles riesgos provenientes de zonas circundantes.
- Morfología: se refiere a la forma de la estructura o lugar al que se debe acceder para ejecutar el trabajo (vertical, desplomada, regular o irregular, etc.).
- Accesos: en lo que respecta a personal, materiales y maquinaria.
- Meteorología: influencia de las condiciones meteorológicas (lluvia y viento).
- Cualificación del personal: en lo que se refiere a la técnica utilizada de trabajo en altura, por parte del personal que ha de ejecutar el trabajo.
- Tiempo de trabajo: estimación del tiempo que se requerirá para la realización del trabajo en cuestión, relacionado con el tiempo de montaje del sistema a emplear.
- Posibilidad de amarres: facilidad para la realización de anclajes.
- Requerimientos de calidad: grado de minuciosidad o acabado que requiere el trabajo a ejecutar.
- Trabajos agresivos: ejecución de tareas en las que aparezcan posibles agentes agresivos para el trabajador o para el material empleado (calor, elementos cortantes, etc.).
- Transporte de cargas: necesidad de transportar cargas durante la realización de los trabajos.
- Urgencia: necesidad de ejecutar el trabajo a la mayor brevedad.
- Esfuerzos horizontales: posibilidad de aparición de esfuerzos horizontales durante la realización del trabajo.

	Andamio Fijo	Andamio Rodante	Andamio Colgado	Escalera Manual	Escalera Fija	Plataforma Aérea autopropulsada	Plataforma sobre Mástil fijo	Trabajo Vertical
Altura		Media – baja		5 cm	Plataforma a 9 cm		100 m	
Suelo	Estable	Estable y Horizontal		Estable y Horizontal		Estable	Estable	
Entorno	Protegido	Protegido		Protegido		Protegido	Protegido	
Morfología	Regular		Regular				Aconsejable en Regular	
Accesos	Fáciles	Fáciles						
Meteorología		Buena	Buena	Buena	Buena			
Cualificación Personal	Baja	Baja	Media	Baja	Media	Media	Media	Alta
Tiempo de trabajo	Medio - Alto	Medio - Alto	Medio - Alto	Muy bajo (plataforma)	Periódicos	Medio - Bajo	Medio - Alto	Medio - Bajo
Posibilidad Amarras	Buena		Media				Media	
Transporte		Limitado	Limitado	Desaconsejado	Limitado			Desaconsejado

Tabla 43. Normas y medidas preventivas.

15.3. Estructuras.

Durante la ejecución de toda estructura de hormigón armado, hay que manejar cargas de cierta importancia y esto origina riesgos importantes, no solo durante el traslado horizontal y vertical de las mismas, sino también en las operaciones de carga, descarga y colocación.

Esta circunstancia, unida al hecho real de que los trabajos se realizan a alturas, a veces considerables, nos hace afirmar que la estructura de cualquier obra de edificación o ingeniería civil, es una de las fases de obra de mayor riesgo.

Por lo tanto, en la ejecución de todo tipo de estructura se seguirán las siguientes directrices fundamentales:

Trabajos con encofrados.

Normas o Medidas generales preventivas para trabajos con encofrados.

- Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la instalación o rectificación de las redes o instalación de barandillas.
- El izado de los tableros se efectuara mediante bateas emplintadas en cuyo interior se dispondrán los tableros ordenados y sujetos mediante flejes o cuerdas.

- Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonés, sopandas, puntales y ferralla; igualmente, se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.
- Se advertirá del riesgo de caída a distinto nivel al personal que deba caminar sobre el entablado.
- Se recomienda evitar pisar por los tableros excesivamente alabeados, que deberán desecharse de inmediato antes de su puesta.
- Se recomienda caminar apoyando los pies en dos tableros a la vez, es decir, sobre las juntas.
- El desprendimiento de los tableros se ejecutará mediante uña metálica, realizando la operación desde una zona ya desencofrada.
- Concluido el desencofrado, se apilarán los tableros ordenadamente para su transporte sobre bateas emplintadas, sujetas con sogas atadas con nudos de marinero (redes, lonas, etc.).
- Terminado el desencofrado, se procederá a un barrido de la planta para retirar los escombros y proceder a su vertido mediante trompas (o bateas emplintadas).

Equipos de Protección Individual.

- Gafas de seguridad anti proyecciones.
- Ropa de trabajo.
- Botas de goma o P.V.C. de seguridad.
- Trajes para tiempo lluvioso.

Trabajos de hormigonado

Normas o medidas preventivas en trabajos con hormigón

Vertidos directos mediante canaleta

- Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.
- Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. (como norma general) del borde de la excavación.
- Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigonera durante el retroceso.

- Se instalarán barandillas sólidas en el frente de la excavación protegiendo el tajo de guía de la canaleta.
- Se instalará un cable de seguridad amarrado a “puntos sólidos”, en el que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad en los tajos con riesgo de caída desde altura.
- La maniobra de vertido será dirigida por un Capataz que vigilará no se realicen maniobras inseguras.

Vertido mediante cubo o cangilón.

- Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.
- La apertura del cubo para vertido se ejecutara exclusivamente accionando la palanca para ello, con las manos protegidas con guantes impermeables.
- Se procurara no golpear con cubo los encofrados ni las entibaciones.
- Del cubo (o cubilete) penderán cabos de guía para ayuda a su correcta posición de vertido. Se prohíbe guiarlo o recibirlo directamente, en prevención de caídas por movimiento pendular del cubo.

Vertido de hormigón mediante bombeo.

- El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo.
- La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.
- La manguera terminal de vertido, será gobernada por un mínimo a la vez de dos operarios, para evitar las caídas por movimiento incontrolado de la misma.
- Antes del inicio del hormigonado de una determinada superficie (un forjado o losas por ejemplo), se establecerá un camino de tablones seguro sobre los que apoyarse los operarios que gobiernan el vertido con la manguera.
- El hormigonado de elementos verticales, se ejecutará gobernando la manguera desde castilletes de hormigonado.
- El manejo, montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado, será dirigido por un operario especialista, en evitación de accidentes por “tapones” y “sobre presiones” internas.

- Antes de iniciar el bombeo de hormigón se deberá preparar el conducto (engrasar las tuberías) enviando masas de mortero de dosificación, en evitación de “atoramiento” o “tapones”.
- Se prohíbe introducir o accionar la pelota de limpieza sin antes instalar la “redecilla” de recogida a la salida de la manguera tras el recorrido total, del circuito. En caso de detención de la bola, se paralizará la máquina. Se reducirá la presión a cero y se desmontará a continuación la tubería.
- Los operarios, amarrarán la manguera terminal antes de iniciar el paso de la pelota de limpieza, a elementos sólidos, apartándose del lugar antes de iniciarse el proceso.
- Se revisarán periódicamente los circuitos de aceite de la bomba de hormigonado, cumplimentando el libro de mantenimiento.

Normas o medidas preventivas durante el hormigonado de cimientos

- Antes del inicio del vertido del hormigón, el Capataz (o Encargado), revisará el buen estado de seguridad de las entibaciones que pudieran haberse colocado.
- Antes del inicio del hormigonado el Capataz (o Encargado), revisará el buen estado de seguridad de los encofrados en prevención de reventones y derrames.
- Se mantendrá una limpieza esmerada durante esta fase. Se eliminará antes del vertido del hormigón, puntas, restos de madera, redondos y alambres.
- Se instalarán pasarelas de circulación de personas sobre las zanjas a hormigonar, formadas por un mínimo de tres tablones trabados (60 cm. De anchura).
- Se establecerán pasarelas móviles, formadas por un mínimo de tres tablones sobre zanjas a hormigonar, para facilitar el paso y los movimientos necesarios del personal de ayuda al vertido.
- Se establecerán a una distancia mínima de 2 m. (como norma general) fuertes topes de final de recorrido, para los vehículos que deban aproximarse al borde de zanjas (o zapatas) para verter hormigón (Dúmper, camión hormigonera).
- Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles, formadas por un mínimo de tres tablones que se dispondrá perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

Prendas de protección recomendables para el personal

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo).
- Guantes impermeabilizados y de cuero.
- Botas de seguridad.
- Botas de goma o P.V.C. de seguridad.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Ropa de trabajo.
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.

154. Firms y pavimentos.

Normas o medidas preventivas.

Firms granulares.

En las mencionadas actividades se han de tener en cuenta la organización del tajo para la eliminación en su origen de los riesgos. Un tajo bien organizado es aquel en el que los trabajadores no han de moverse en las proximidades de la maquinaria.

El extendido deberá tener un responsable técnico competente o en su caso encargado de firms. Este ha de tener en todo momento el control del tajo, de tal manera que no exista un amontonamiento de maquinaria en un determinado lugar y momento.

El extendido debe comenzar con el vertido de dichos materiales desde el camión.

El conductor ha de tener una visión de la zona de extendido perfecta. Para ello mantendrá en perfecto estado los espejos retrovisores del camión. Si existiese algún lugar que no pudiese ver desde el camión, el conductor deberá parar el vehículo y bajarse del mismo para realizar una inspección visual de la zona. Puede auxiliarse de un operario, pero el mismo debe de tener en cuenta el gran peligro de la maniobra y no colocarse dentro del radio de acción del camión. Antes de realizar una parada o arranque del camión el maquinista deberá tocar el claxon del camión con el fin de informar al personal de su próximo movimiento.

Posteriormente se realiza el extendido con la motoniveladora. Dicha máquina es altamente peligrosa, ya que realiza sus maniobras con mucha rapidez.

Después se realizará la compactación del material de aportación. Dicha operación es realizada mediante un rodillo metálico, el cual es altamente peligroso debido a la agilidad de sus movimientos.

En general, remitirse a los apartados correspondientes de maquinaria de

obra, según la maquinaria a emplear.

Extensión de Firms y Aglomerados.

En esta operación se deben extremar las medidas de prevención, debido a que se trata de trabajos con productos químicos y derivados del petróleo.

Las operaciones deben de ser realizadas con el personal cualificado.

Las medidas a adoptar son las que a continuación se exponen para cada uno de los trabajadores que realizan las diferentes operaciones dentro del extendido:

Operador del tanque de betún.

Haga sonar la bocina antes de iniciar la marcha.

Cuando circule marcha atrás avise acústicamente.

El ascenso y descenso se hará por los peldaños y asideros, asiéndose con las manos.

Se recomienda el uso de cinturones antivibraciones para evitar los efectos de una permanencia prolongada.

Se recomienda la existencia de un extintor de polvo polivalente en la cabina de la máquina, debido al frecuente calentamiento de las reglas de la extendidora mediante gas butano.

Ante una parada de emergencia en pendiente, además de accionar los frenos, sitúe las ruedas delanteras o traseras contra talud, según convenga.

Extreme las precauciones en las pistas deficientes.

Se tratará que los terrenos por los que deba transitar sean lo más regulares posibles, circulando a velocidades lentas.

En las pistas de obra puede haber piedras caídas de otros vehículos. Se extremarán las precauciones.

Cuando circule por vías públicas, se cumplirá la normativa del Código de circulación vigente.

No se competirá con otros conductores.

Se situarán los espejos retrovisores convenientemente.

Se comprobará el buen funcionamiento del tacógrafo y utilice en cada jornada un disco nuevo (si está matriculado).

El conductor deberá conocer en todo momento si el producto que transporta está en la lista de mercancías peligrosas. En caso afirmativo.

- Deberá revisar la vigencia de su carné como conductor de mercancías peligrosas.

- Comprobará el buen funcionamiento del tacógrafo y utilice en cada jornada un disco nuevo.
- Tendrá siempre a mano las recomendaciones dadas por la empresa para situaciones de emergencia.
- Se colocará la señalización pertinente en el vehículo.

En cualquier caso se comprobará la estanqueidad de los circuitos.

Se vigilará el estado de los quemadores y su buen funcionamiento, así como la temperatura de la emulsión.

Operador de los compactadores.

Comprobará la eficacia del sistema inversor de marcha y del sistema de frenado.

Extreme las precauciones al trabajar próximo a la extendedora.

Vigilará la posición del resto de los compactadores y mantendrá las distancias y el sentido de la marcha.

No fijará la vista en objetos móviles sobre todo al trabajar en puentes o pasos superiores, ya que perdería el sentido de la dirección.

Trabajando o circulando se tendrá precaución con los taludes y desniveles, por posibles vuelcos.

Al acabar la jornada dejará calzada la máquina sobre los tacos especiales.

Situará los espejos convenientemente.

Cuando circule por vías públicas, cumplirá el Código de circulación vigente.

Operador de la extendedora

Señalizará convenientemente la máquina cuando la deje aparcada en el tajo.

Exigirá señalistas, y orden, en el tajo de extendido.

No deberá trabajar sin la protección de los sinfines de reparto de aglomerado.

Las maniobras de extendido de aglomerado serán guiadas por personal especializado que conozca el funcionamiento de las máquinas y el proceso productivo.

Los reglistas trabajarán por el exterior de la zona recién asfaltada, o se les facilitará un calzado adecuado para altas temperaturas.

En ausencia del capataz, la responsabilidad del tajo será suya.

Los equipos de protección individual necesarios durante la ejecución de estos trabajos serán:

- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad y Botas de agua
- Ropa de trabajo y traje para tiempo lluvioso.
- Gafas de seguridad, mascarilla de protección y mascarilla antipolvo con filtro mecánico recambiable.

155. Obras de drenaje.

Medidas preventivas.

Los tubos para las conducciones se acopiarán en una superficie lo más horizontal posible sobre durmientes de madera, en un receptáculo delimitado por varios pies derechos que impidan que por cualquier causa los conductos se deslicen o rueden.

Siempre que exista peligro de derrumbamiento se procederá a entibar.

El ascenso o descenso a los pozos se realizará mediante escaleras normalizadas firmemente ancladas a los extremos superior e inferior.

Los trabajos permanecerán unidos al exterior mediante una soga anclada al cinturón de seguridad, tal que permita bien la extracción del operario tirando, o en su defecto, su localización en caso de rescate.(No olvidar que en casos de derrumbamiento el tiempo empleado en el rescate es fundamental).

Se prohíbe el acceso a la zona de ejecución de estos trabajos a toda persona ajena al proceso de construcción.

Transporte, izado, desplazamiento y acopio de tubos.

- Tómense todas las precauciones, con el fin de evitar la caída de objetos durante el transporte.
- Tensar los cables una vez enganchada la carga.
- Elévese ligeramente, para permitir que la carga adquiera su posición de equilibrio.
- Asegúrese de que los cables no patinan y de que los ramales están tendidos por igual.
- Utilizar vehículos o remolques que presenten un equipo lateral obligatorio para estabilizar la carga(presencia de talones suficientemente dimensionados a cada lado de la base)

- Si la carga está mal amarrada o mal equilibrada, deposítese sobre el suelo y vuélvase a amarrar bien. Si el despegue de la carga presenta una resistencia anormal, no insistir en ello.
- La carga puede engancharse en algún posible obstáculo, y es necesario desengancharla antes.
- No sujetar nunca los cables en el momento de ponerlos en tensión, con el fin de evitar que las manos queden cogidas entre la carga y los cables.
- El movimiento de izado debe realizarse solo. Asegúrese de que la carga no golpeará con ningún obstáculo al adquirir su posición de equilibrio.
- Reténgase por medio de cables o cuerdas.
- Debe realizarse el desplazamiento de la carga cuando ésta se encuentre lo bastante alta para no encontrar obstáculos.
- Si el recorrido es bastante grande, debe realizarse el transporte a poca altura y a marcha moderada.
- Debe procederse al desplazamiento de la carga teniendo ante la vista al maquinista de la grúa.
- Para el desplazamiento en vacío hágase levantar el gancho de la grúa lo suficientemente alto para que ningún obstáculo pueda ser golpeado por él o por los cables pendientes.
- Al realizar el acopio de tubos:
 - No dejar la carga suspendida encima de un paso.
 - Desciéndase a ras de suelo.
 - No ordenar el descenso sino cuando la carga ha quedado inmovilizada.
 - No balancear las cargas para depositarlas más lejos.
 - Procúrese no depositar las cargas en pasillos de circulación
 - Deposítese la carga sobre los calzos de madera.
 - Deposítense las cargas en lugares sólidos y evítense las tapas de bocas subterráneas o de alcantarillas.
 - No aprisionar los cables al depositar la carga.
 - Comprobar la estabilidad de la carga en el suelo, aflojando un poco los cables.
 - Cálcese la carga que pueda rodar, utilizando calzos cuyo espesor sea de 1/10 el diámetro de la carga, salvo que se disponga de alguna solera rígida que garantice el acopio vertical en las debidas condiciones de seguridad.

- Después de las maniobras volver a colocar las eslingas en sus soportes; si se dejan en el gancho de la grúa, reunirla en varios tramos y hacer levantar el gancho lo más alto posible.

Equipos de protección individual

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero y Guantes de goma (o de P.V.C.).
- Botas de seguridad.
- Botas de goma (o de P.V.C.) de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Manguitos y polainas de cuero.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.

15.6. Impermeabilización y aplicación de pinturas.

Medidas preventivas.

Siempre que se realicen trabajos de impermeabilización y/o aplicación de pinturas en altura ($h > 2$ m.) se colocarán las protecciones colectivas necesarias (barandillas de protección) para evitar el riesgo de caída a distinto nivel. Ante la imposibilidad de colocar protecciones colectivas en la zona de trabajo, los operarios obligatoriamente utilizarán en todo momento el arnés de seguridad anclado a punto fuerte, línea de vida, etc.

Ventilación adecuada del lugar donde se realicen los trabajos.

No fumar ni utilizar máquinas que puedan producir chispas en las zonas de acopio y almacenamiento, así como durante la ejecución de los trabajos.

Protección de los órganos móviles de las máquinas mediante resguardos.

Uso de gafas de seguridad cuando exista riesgo de proyección de pintura, en techos y paramentos superiores.

Tener cerrados los recipientes que contengan disolventes y almacenarlos lejos del calor y fuego.

Todos los recipientes deberán estar correctamente etiquetados y se tendrá archivado las fichas de seguridad de cada uno de ellos.

Los productos se almacenarán en lugares ventilados y con los envases debidamente cerrados, alejados de focos de ignición, en locales limpios, ordenados y debidamente señalizados.

Cuando se apliquen imprimaciones que desprendan vapores orgánicos, los trabajadores estarán dotados de máscara buconasal con su correspondiente filtro químico.

Se evitará, en lo posible, el contacto directo de todo tipo de pintura o impermeabilizante con la piel.

El carácter específico y la toxicidad de cada producto peligroso, deben ser indicados por la señal de peligro característico, indicándose con el correspondiente pictograma de seguridad.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables.

Las zonas de trabajo, tendrán una iluminación mínima de 100 lux medidos a una altura sobre el pavimento de 2 m. aproximadamente.

Se prohíbe fumar, comer y beber, en las estancias que se estén pintando con pinturas que contengan disolventes orgánicos o pigmentos tóxicos.

Se advertirá al personal encargado de manejar disolventes orgánicos, de la necesidad de realizar una profunda higiene personal en manos y cara antes de realizar cualquier tipo de ingesta.

Se instalará un extintor de polvo químico seco al lado de la puerta de acceso al almacén, colocándose en dicha puerta una señal de “peligro de incendios”, y otra de “prohibido fumar”.

1.5.6.1. Equipos de protección individual.

Los equipos de protección individual necesarios durante la ejecución de estos trabajos serán:

- Casco de polietileno.
- Guantes de goma.
- Gafas de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Arnés de seguridad, trabajos en altura.
- Mascarillas respiratorias.

15.7. Instalación de alumbrado.

Medidas preventivas.

La iluminación en los tajos no será inferior a los 100 lux, medidos a 2 m. del suelo.

La iluminación mediante portátiles se efectuará utilizando “portalámparas estancos con mango aislante”, y rejilla de protección de la bombilla, alimentados a 24 voltios.

Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra, sin la utilización de las clavijas macho-hembra.

Las escaleras de mano a utilizar, serán del tipo “tijera”, dotadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para evitar los riesgos por trabajos realizados sobre superficies inseguras y estrechas.

Se prohíbe la formación de andamios utilizando escaleras de mano a modo de borriquetas, para evitar los riesgos por trabajos realizados sobre superficies inseguras y estrechas.

Se prohíbe en general a esta obra, la utilización de escaleras de mano o de andamios sobre borriquetas, en lugares con riesgo de caída desde altura durante los trabajos de electricidad, si antes no se han colocado las protecciones de seguridad adecuadas.

Las herramientas a utilizar por los electricistas instaladores, estarán protegidas con material aislante normalizado contra los contactos con la energía eléctrica.

Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciadas, para evitar accidentes.

Antes de hacer entrar en carga a la instalación eléctrica se hará una revisión en profundidad de las conexiones de los mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales eléctricos directos indirectos, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Antes de hacer entrar en servicio las celdas de transformación se procederá a comprobar la existencia real en la sala, de la banqueta de maniobras, partidas de maniobra, extintores de polvo químico seco y botiquín, y que los operarios se encuentren vestidos con las prendas de protección personal. Una vez comprobados estos puntos, se procederá a dar la orden de entrada en servicio.

Durante las pruebas, cuando deba cortarse momentáneamente la energía eléctrica de alimentación, se instalará en el cuadro un letrero de precaución con la leyenda: “NO CONECTAR, HOMBRES TRABAJANDO EN LA RED”.

Se prohíbe expresamente la manipulación de partes móviles de cualquier motor o asimilables sin antes haber procedido a la desconexión total de la red eléctrica de alimentación, para evitar los accidentes por atrapamiento.

Equipos de protección individual.

- Casco de polietileno, para utilizar durante los desplazamientos por la obra y en lugares con riesgo de caída de objetos o de golpes.
- Botas aislantes de electricidad (conexiones).
- Botas de seguridad.
- Guantes aislantes.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón de seguridad.

15.8. Restantes obras de fábrica.

Medidas preventivas.

Las zonas de trabajo serán limpiadas de escombros diariamente, para evitar las acumulaciones innecesarias.

Toda zona que posea riesgo de caída en altura superior a 2 m será protegida contra dicho riesgo mediante la colocación de barandilla rígida y resistente de protección de 0'90 m de altura, listón intermedio y rodapié.

Se colocarán todas las señales de seguridad necesarias en cumplimiento con la legislación vigente de aplicación.

Equipos de protección individual.

- Casco de seguridad.
- Guantes de P.V.C. o de goma.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Botas de goma con puntera reforzada.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para tiempo lluvioso.

15.9. Desvíos provisionales, corte de tráfico alternativo y señalización durante la ejecución de las obras.

La señalización se realizará de acuerdo con las Normas para Señalización de Obras en las Carreteras (O.M. de 31/8/88. B.O.E. 18/9/88), Instrucción 8.3 -IC y se deberá tener en cuenta lo previsto en el Capítulo II, sección la Cláusula 23 del Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Construcción de obras del Estado, Decreto 3854/1970 de 31 de Diciembre.

Consideraciones generales.

Las operaciones deberán ser realizadas por operarios con experiencia.

Los tajos deberán quedar perfectamente señalizados y organizados con el fin de evitar accidentes.

En las operaciones de descarga de los materiales desde camiones pluma, ningún operario deberá estar en el radio de acción de la pluma. Jamás se superará la carga máxima en punta de la pluma. Dichas operaciones deberán realizarlas el conductor del camión auxiliado por un operario señalista. El camión deberá estar perfectamente señalizado, para que todos los operarios sepan que dicho vehículo está realizando las operaciones de descarga.

En el manejo y colocación de los elementos se deberá tener sumo cuidado ante roturas del cable guía, debido al gran peso que suelen tener los elementos.

Ningún operario deberá sobrepasar los 25 kg. de peso en el manejo de los elementos, en caso contrario el manejo se deberá realizar mediante dos operarios.

En la colocación de los paneles de información suspendidos, si es necesarios deberá utilizarse doble grúa. Los movimientos de dichas grúas deberán realizarse mediante un jefe de equipo que indicará a los gruistas mediante idioma gesticular los movimientos a efectuar.

Consideraciones particulares

No se comenzará en ningún caso un trabajo en la carretera hasta que no estén colocadas las señales reglamentarias.

El mínimo de señales se compondrá de:

- Señal de peligro "Obras".
- Valla que limite frontalmente la zona no utilizable de la explanación.

La placa "Obras" deberá estar como mínimo a 150 m y como máximo a 250

m de la valla en función de la visibilidad del tramo, de la velocidad del tráfico y del número de señales complementarias que se precise colocar entre señal y valla.

Deberá procurarse, por todos los medios, que la señal "Obras" nunca se halle colocada o visible cuando las obras se hallan terminado o estén suspendidas, incluso por periodos cortos, sin que quede obstáculos en la calzada.

En los trabajos de riegos superficiales y análogos las señales deberán referirse al tajo en el que se está trabajando y no al conjunto de la obra, y donde deberá retirarse durante la noche si puede circularse con libertad.

Cuando tras un trabajo de riego superficial o análogo hubiera quedado gravilla suelta que ofrezca riesgo de rotura de parabrisas, se colocará una señal de peligro tipo TP - 28, "Proyección de gravilla". En el caso en que las gravillas estén extendidas en longitudes superiores a 500 m éstas deberán barrerse a la mayor brevedad.

Las señales sucesivas de limitación de velocidad deben esparcirse entre si. Los escalones de reducción deben ser de 20 o 30 Km./h, en general.

Si en un tramo de carretera de velocidad específica 80 Km./h necesitamos reducir la velocidad a 0, o sea, parada total, en un punto P, es preciso para ir reduciendo escalonadamente la velocidad colocar un señal TR-301 (30), velocidad máxima 30 Km/h.

40+70=110 m antes del punto P y otra señal TR-301 (30). (Siempre además de la valla o señales necesarias para indicar la parada total en P, que deben ser visibles 40 m antes de P)

Si en un tramo de carretera tiene velocidad específica 60 Km./h y es preciso parada total en P colocaremos la TR-301 (30) a 40+115 m antes de P.

Si la velocidad específica es 100 Km./h, se colocará una TR-301 (40), 60+70=130 m antes de P, y una TR-301 (70) 130 m antes de la TR-301 (40).

Los mismos tres casos anteriores de velocidad específica, pero en vez de producirse parada total en un punto P, sólo necesitamos que en él la velocidad se reduzca a 30 Km./h.

Se coloca una TR-301 (30) 70 m antes de P. Y una TR-301 (60) 115 m antes de la anterior.

Poner sólo un TR-301 (30) 115 m antes de la P.

Poner una TR-301 (30) 80 m antes de P, y una TR-301 (70) 130 m antes de la anterior.

Cuando se limiten obstáculos lateralmente mediante vallas, balizas, etc., como en el caso de obras en un arcén éstas se dispondrán transversalmente a la trayectoria del

vehículo, para que su visibilidad sea máxima y evitar el peligro que ofrecerían si se sitúan de punta, sobre todo en el caso de vallas de tubo.

La infranqueabilidad de la zona de obra para el tránsito normal debe retirarse con vallas reflectantes dispuestas transversalmente a intervalos regulares. La que corresponde al principio del obstáculo lateral debe ser una valla direccional, pero las demás pueden ser más esquemáticas.

Se escogerá para manejar banderines etc., y estar pendientes de la señalización a los operarios más espabilados y con experiencia en ellas, y designará un responsable de la planificación, montaje y conservación cuando y donde debe estar, y que desaparezca cuando su necesidad termine. Se ocupará de poner inmediatamente las señales que puedan haber sido derribadas o robadas. Las señales han de estar debidamente aseguradas para prevenir esto.

Se dispondrá de repuesto de señales para cuando alguna o se deteriorase poderla reponer inmediatamente.

Se cuidará que en los tajos que se desplazan durante la jornada, como es el caso de un extendido del aglomerado por media calzada, la señalización vaya desplazándose simultáneamente cumpliendo en todo momento las normas.

Si hay algún acopio de señales no colocadas próximo a la carretera se dispondrán vueltas de espalda a la misma, para que no las vean los usuarios y así no puedan servir de confusión.

En cortes de tránsito, bien para paso alternativo, bien totales momentáneos, debe haber un operario en cada sentido con señal redonda en una de cuyas caras esté pintada la señal de dirección prohibida y en la otra la de dirección obligatoria. Un caso frecuente en la que se precisan estas precauciones es cuando los camiones han de bascular sobre el firme o los arcones.

Las interrupciones al tráfico no deben ser superiores a cinco minutos, sólo rebasables en casos excepcionales.

Cuando la señalización de un tajo de obra coincida con alguna señal permanente de la carretera que esté en contradicción con las del tajo del trabajo debe taparse provisionalmente la permanente, y tener en cuenta en la señalización de tajo las razones por la que está expuesta la permanente.

Las señales, vallas, hitos, etc., que sea preciso quitar como consecuencia de las obras se depositarán en lugar que se indiquen, a disposición del servicio.

Arcenes bajos: hay que anunciarlos donde comienza cada tramo en tales condiciones.

Como recordatorio repartir dicho aviso cada 500 m si el paso separa dicha longitud.

Poner chapas reflectantes, de 5x40 cm como mínimo, cada 10 o 15 m, y cuidar de que se conserven limpias de polvo y barro.

No efectuar excavación simultáneamente en ambos arcenes de una misma sección.

La longitud del tramo con arcén bajo no debe exceder de un máximo de un kilómetro y medio. No se extenderá aglomerado o capa de base en cada tramo si no está antes terminada la explanada mejorada en el arcén.

Los tajos en que se trabaja por medias calzadas en sentido único alternativo no deben tener una longitud que no esté en comunicación visual situando un hombre en posición intermedia si es preciso o por radioteléfono los operarios que manejan los discos en cada extremo. De noche se evitará dejar tramos con circulación alternativa y los operarios estarán provistos de los discos anteriormente mencionados, y de chalecos reflectantes y linternas, con repuesto de pilas.

Cuando sea inevitable dejar algún acopio o máquina en el arcén (en la calza da nunca) será por el tiempo mínimo posible y se señalizará perfectamente con señales reflectantes.

Cuando haya escalón longitudinal en el firme como recargos en media calzada deberá señalizarse y seguir las instrucciones que se dan para arcenes bajos, y el cartel al pie de las señales "escalón central". La banda longitudinal con escalón no excederá de 1 Km., para verse imposibilitado de volver a su vía como consecuencia del escalón.

Protección Contra Terceros.

Se colocarán todas aquellas señales que sean necesarias, y que cumplan con la actual legislación vigente al respecto, tanto de señales viales (Norma 8.3 I-C) como las señales de seguridad (Real Decreto de 14 de Abril de 1.997, nº 485/1997).

Se acotarán todas las zonas susceptibles de intromisión de terceros, con existencia de riesgos para la salud de los mismos.

Colocación de barandillas de protección en todas aquellas zonas por donde se prevea el paso de terceros y que pueda existir riesgo de caída en altura.

Colocación de paneles informativos, destinados a informar sobre la conducta a seguir.

Además, existirá personal de obra destinado a la vigilancia de los mismos, para de esta forma prevenir cualquier otro tipo de riesgo que pudiera ocasionarse y que no se haya podido prever en el presente Estudio.

Maquinaria de Obra

Maquinaria para el movimiento de tierras en general.

Las máquinas para los movimientos de tierras a utilizar en esta obra, estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y anti-impactos y un extintor.

Las máquinas para el movimiento de tierras a utilizar en esta obra serán inspeccionadas diariamente controlando el buen funcionamiento del motor, sistemas hidráulicos, frenos, dirección, luces, bocina retroceso, transmisiones cadenas y neumáticos.

Una persona cualificada redactará un parte referente a cada revisión que se realice a la maquinaria, que presentará al jefe de obra y que estarán a disposición de la Dirección Facultativa.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con “señales de peligro”, para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Se instalarán letreros avisadores del peligro que supone dormir a la sombra que proyectan las máquinas para movimiento de tierras.

Se prohíbe expresamente trabajar con maquinaria para el movimiento de tierras en la proximidad de líneas eléctricas, debiéndose mantener una distancia de seguridad.

Si se produjese un contacto con líneas eléctricas con la maquinaria con tren de rodadura de neumáticos, el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. Antes de realizar ninguna acción se inspeccionará el tren de neumáticos con el fin de detectar la posibilidad de puente eléctrico con el terreno; de ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Las máquinas en contacto accidental con líneas eléctricas serán acordonadas a una distancia de 5 m., avisándose a la compañía propietaria de la línea para que efectúe los

cortes de suministro y puestas a tierra necesarias para poder cambiar sin riesgos, la posición de la máquina.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento la cuchilla o cazo, puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto, para evitar los riesgos por fallo del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barro y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe en esta obra, el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se prohíbe las labores de mantenimiento o reparación de maquinaria con el motor en marcha, en prevención de riesgos innecesarios.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes), a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe en esta obra la realización de replanteos o de mediciones en las zonas donde están operando las máquinas para el movimiento de tierras. Antes de proceder a las tareas enunciadas, será preciso parar la maquinaria, o alejarla a otros tajos.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

Se delimitará la cuneta de los caminos que transcurran próximos a los cortes de la excavación a un mínimo de 2 m., de distancia de esta (como norma general), para evitar la caída de la maquinaria por sobrecarga del borde de los taludes (o cortes).

La presión de los neumáticos de los tractores será revisada, y corregida en su caso diariamente.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de la maquinaria y en función del riesgo serán.

- Casco de polietileno aislante para riesgo eléctrico.
- Casco de seguridad (de uso obligatorio para abandonar la cabina, siempre que exista el riesgo de caída o golpes por objetos).
- Gafas de seguridad antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtro mecánico recambiable.

- Guantes de cuero (conducción).
- Guantes de cuero (mantenimiento).
- Ropa de trabajo.
- Traje para tiempo lluvioso.
- Botas de seguridad.
- Protectores auditivos.
- Botas de goma o de P.V.C.
- Cinturón elástico antivibratorio.
- Calzado para la conducción de vehículos.
- Muñequeras elásticas antivibratorias.

Bulldozer.

Se entregará a la subcontrata que deba manejar este tipo de máquinas, las normas y exigencias de seguridad que les afecten específicamente según el Plan de Seguridad.

Se comunicará por escrito a los maquinistas del bulldozer a utilizar en esta obra, la normativa de actuación preventiva. De la entrega, quedará constancia escrita a disposición de la Dirección Facultativa (o Jefatura de Obra).

Los caminos de circulación interna de la obra se cuidarán para evitar blandones y barrizales excesivos, que puedan provocar accidentes.

No se admitirán en la obra bulldozers desprovistos de cabinas antivuelco y anti-impactos.

Las cabinas antivuelco serán exclusivamente las indicadas por el fabricante para cada modelo de bulldozer a utilizar.

Las cabinas antivuelco montadas sobre los bulldozers a utilizar en esta obra, no presentarán deformaciones de haber resistido algún vuelco.

Se revisarán periódicamente todos los puntos de escape del motor para evitar que en la cabina se reciban gases nocivos.

Los bulldozers a utilizar en esta obra estarán dotados de un botiquín portátil de primeros auxilios, ubicado de forma resguardada para conservarlo limpio.

Se prohíbe en esta obra que los conductores abandonen los bulldozers con el motor en marcha.

Se prohíbe el abandono de la máquina sin haber antes apoyado sobre el suelo la cuchilla y el escarificador.

Se prohíbe el transporte de personas sobre el bulldozer, para evitar el riesgo de caídas o de atropellos.

Los bulldozers a utilizar en esta obra, estarán dotados de un extintor, timbrado y con las revisiones al día.

Se prohíbe el acceso a la cabina de mando de los bulldozers, utilizando vestimentas sin ceñir y joyas (cadenas, relojes o anillos), que puedan engancharse en los salientes y en los controles.

Se prohíbe encaramarse sobre el bulldozer durante la realización de cualquier movimiento.

Los bulldozers a utilizar en esta obra estarán dotados de luces y bocinas de retroceso.

Se prohíbe estacionar los bulldozers en esta obra a menos de tres metros (como norma general), del borde de barrancos, hoyos, trincheras, zanjas, etc., para evitar el riesgo de vuelcos por fatiga del terreno.

Se prohíbe realizar trabajos en esta obra en proximidad de los bulldozers en funcionamiento.

Antes de iniciar vaciados a media ladera con vertido hacia la pendiente, se inspeccionará detenidamente la zona, en prevención de desprendimientos o aludes sobre las personas o cosas.

Como norma general, se evitará en lo posible, superar los 3 km./h. en el movimiento de tierras mediante bulldozer.

Como norma general, se prohíbe la utilización de los bulldozers en las zonas de esta obra con pendientes en torno al 50%.

En prevención de vuelcos por deslizamiento, se señalizarán los bordes superiores de los taludes que deban ser transitados mediante cuerda de banderolas o balizas, ubicadas a una distancia no inferior a los 2 m., (como norma general), del borde.

Antes del inicio de trabajos con los bulldozers, al pie de los taludes ya construidos (o de bermas), de la obra, se inspeccionarán aquellos materiales (árboles, arbustos, rocas), inestables, que pudieran desprenderse accidentalmente sobre el tajo. Una vez saneado, se procederá al inicio de los trabajos a máquina.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:

- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Casco de seguridad (solo cuando exista riesgo de golpes en la cabeza).
- Cinturón elástico antivibratorio.

- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Guantes de goma o de P.V.C.
- Botas antideslizantes (en terrenos secos).
- Botas impermeables (terrenos embarrados).
- Calzado de conducción de vehículos.
- Mascarilla con filtro mecánico recambiable.
- Mandil de cuero o de P.V.C. (operaciones de mantenimiento).
- Botas de seguridad con puntera reforzada (operaciones de mantenimiento).

Retroexcavadora.

- Se entregará a los subcontratistas que deban manejar este tipo de máquinas, las normas y exigencias de seguridad que les afecten específicamente según el Plan de Seguridad.
- Se entregará por escrito a los maquinistas de las retroexcavadoras a utilizar en esta obra, la normativa de actuación preventiva. De la entrega, quedará constancia escrita a disposición de la Dirección de Obra.
- El plan de avance de la excavación de las zanjas se realizarán según lo plasmado en los planos.
- Se acotará a una distancia igual a la del alcance máximo del brazo excavador, el entorno de la máquina. Se prohíbe en la zona la realización de trabajos o la permanencia de personas.
- Los caminos de circulación interna de la obra, se cuidarán para evitar blandones y barrizales excesivos, que mermen la seguridad de la circulación.
- No se admitirán en esta obra retroexcavadoras desprovistas de cabinas antivuelco (pórtico de seguridad antivuelcos y anti- impactos).
- Las cabinas antivuelco serán exclusivamente las indicadas por el fabricante para cada modelo de “retro” a utilizar.
- Se revisarán periódicamente todos los puntos de escape del motor para evitar que en la cabina se reciban gases nocivos.
- Las retroexcavadoras a utilizar en esta obra, estarán dotadas de un botiquín portátil de primeros auxilios, ubicado de forma resguardada para conservarlo limpio.

- Las retroexcavadoras a contratar para esta obra cumplirán todos los requisitos para que puedan autodesplazarse por carretera.
- Se prohíbe en esta obra que los conductores abandonen la “retro” con el motor en marcha, para evitar el riesgo de atropello.
- Se prohíbe en esta obra que los conductores abandonen la “retro” sin haber antes depositado la cuchara en el suelo.
- Se prohíbe que los conductores abandonen la pala con la cuchara bivalva sin cerrar, aunque quede apoyada en el suelo.
- Se prohíbe desplazar la “retro”, si antes no se ha apoyado sobre la máquina la cuchara, en evitación de balanceos.
- Los ascensos o descensos de las cucharas en cargas se realizarán lentamente.
- Se prohíbe el transporte de personas sobre la “retro”, en prevención de caídas, golpes, etc.
- Se prohíbe utilizar el brazo articulado o las cucharas para izar personas y acceder a trabajos puntuales.
- Las retroexcavadoras a utilizar en esta obra, estarán dotadas de un extintor, timbrado y con las revisiones al día.
- Se prohíbe expresamente acceder a la cabina de mandos de las “retro” utilizando vestimentas sin ceñir y joyas (cadenas, relojes, anillos), que pueden engancharse en los salientes y los controles.
- Las retroexcavadoras a utilizar en esta obra estarán dotadas de luces y bocina de retroceso.
- Se prohíbe realizar maniobras de movimiento de tierras sin antes haber puesto en servicio los apoyos hidráulicos de inmovilización.
- Se prohíbe expresamente en esta obra el manejo de grandes cargas (cuchara a pleno llenado), bajo régimen de fuertes vientos.
- Se prohíben en esta obra utilizar la retroexcavadora como una grúa, para la introducción de (piezas, tuberías, etc.), en el interior de las zanjas.
- Se prohíbe realizar esfuerzos por encima del límite de carga útil de la retroexcavadora.
- El cambio de posición de la “retro”, se efectuará situando el brazo en el sentido de la marcha (salvo en distancias muy cortas).

- El cambio de posición de la “retro” en trabajos a media ladera, se efectuará situando el brazo hacia la parte alta de la pendiente con el fin de aumentar en lo posible la estabilidad de la máquina.
- Se prohíbe estacionar la “retro” en trabajos a media ladera, se efectuará situando el brazo hacia la parte alta de la pendiente con el fin de aumentar en lo posible la estabilidad de la máquina.
- Se prohíbe realizar trabajos en el interior de las trincheras (o zanjas), en la zona de alcance del brazo de la retro.
- Se instalará una señal de peligro sobre un pie derecho, como límite de la zona de seguridad del alcance del brazo de la “retro”. Esta señal se irá desplazando conforme avance la excavación.
- Se prohíbe verter los productos de la excavación con la retro a menos de 2m., (como norma general), del borde de corte superior de una zanja o trinchera, para evitar los riesgos por sobrecarga del terreno.
- Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:
 - Gafas antiproyecciones.
 - Casco de seguridad (Solo cuando exista riesgo de golpes en la cabeza).
 - Cinturón elástico antivibratorio.
 - Ropa de trabajo.
 - Guantes de cuero.
 - Guantes de goma o de P.V.C.
 - Botas antideslizante (en terrenos secos).
 - Botas impermeables (en terrenos embarrados).
 - Calzado para conducción de vehículos.
 - Mascarilla antipolvo con filtro mecánico recambiable.
 - Mandil de cuero o de P.V.C. (operaciones de mantenimiento).
 - Polainas de cuero (opciones de mantenimiento). Botas de seguridad con puntera reforzada (operante de mantenimiento).

Pala cargadora

A los maquinistas de la/s pala/s cargadoras se les comunicará por escrito la normativa preventiva, antes del inicio de los trabajos. De la entrega quedará constancia escrita a disposición de la Dirección Facultativa (o Jefatura de Obra).

Los caminos de circulación interna de la obra, se trazarán y señalizarán.

Los caminos de circulación interna de la obra, se cuidarán para evitar blandones y embarramientos excesivos que mermen la seguridad de la circulación de la maquinaria.

No se admitirán en esta obra palas cargadoras, que no vengan con la protección de cabina antivuelco instalada (o pórtico de seguridad).

Las protecciones de cabina antivuelco para cada modelo de pala, serán las diseñadas expresamente por el fabricante para su modelo.

Las protecciones de la cabina antivuelco no presentarán deformaciones de haber resistido algún vuelco, para que se autorice a la pala cargadora el comienzo o continuación de los trabajos.

Se revisarán periódicamente todos los puntos de escape del motor, con el fin de asegurar que el conductor no recibe en la cabina gases procedentes de la combustión.

Esta precaución se extremará en los motores provistos de ventilador de aspiración para el radiador.

Las palas cargadoras en esta obra, estarán dotadas de un botiquín de primeros auxilios, ubicado de forma resguardada para mantenerlo limpio interna y externamente.

Las palas cargadoras de esta obra, que deban transitar por la vía pública, cumplirán con las disposiciones legales necesarias para estar autorizadas.

Se prohíbe que los conductores abandonen la máquina con el motor en marcha.

Se prohíbe que los conductores abandonen la pala con la cuchara izada y sin apoyar en el suelo.

La cuchara durante los transportes de tierras, permanecerá lo más baja posible para poder desplazarse, con la máxima estabilidad.

Los ascensos o descensos en carga de la cuchara se efectuarán siempre utilizando marchas cortas.

La circulación sobre terrenos desiguales se efectuará a velocidad lenta.

Se prohíbe transportar personas en el interior de la cuchara.

Se prohíbe izar personas para acceder a trabajos puntuales utilizando la cuchara (dentro, encaramado o pendiente de ella).

Las palas cargadoras a utilizar en esta obra, estarán dotadas de un

extintor, timbrado y con las revisiones al día.

Se prohíbe el acceso a la palas cargadoras utilizando la vestimenta sin ceñir (puede engancharse en salientes, controles, etc.).

Se prohíbe encaramarse a la pala durante la realización de cualquier movimiento.

Se prohíbe subir o bajar de la pala en marcha.

Las palas cargadoras a utilizar en esta obra, estarán dotadas de luces y bocina de retroceso.

Se prohíbe arrancar el motor sin antes cerciorarse de que no hay nadie en el área de operación de la pala.

Se prohíbe expresamente, dormir bajo la sombra proyectada por las palas cargadoras en reposo.

Los conductores se cerciorarán de que no existe peligro para los trabajadores que se encuentren en el interior de pozos o zanjas próximos al lugar de excavación.

Los conductores, antes de realizar “nuevos recorridos”, harán a pie el camino con el fin de observar las irregularidades que puedan dar origen a oscilaciones verticales y horizontales de la cuchara.

Se prohíbe el manejo de grandes cargas (cuchara o cucharón a pleno llenado), bajo régimen de fuertes vientos.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:

- Gafas antiproyecciones.
- Casco de seguridad (solo cuando exista riesgo de golpes en la cabeza).
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Guantes de goma o de P.V.C.
- Cinturón elástico antivibratorio.
- Calzado antideslizante.
- Botas impermeables (terrenos embarrados).
- Mascarillas con filtro mecánico recambiable antipolvo.
- Mandil de cuero (operaciones de mantenimiento).
- Polainas de cuero (operaciones de mantenimiento).
- Calzado para conducción.

- Perforadora

Este equipo únicamente debe ser utilizado por personal autorizado y debidamente instruido, con una formación específica.

No se debe poner la máquina en marcha, ni accionar los mandos si el operario no se encuentra en su puesto.

Mantener limpios los rótulos de seguridad instalados en la máquina y reemplazar los que falten.

Cuando se utilice vapor, agua o aire a presión para la limpieza de la máquina, proveerse del equipo de protección adecuado.

No tratar de hacer ajustes con la máquina en movimiento o con el motor en marcha.

Las rejillas y chapas de protección que evitan el contacto con piezas móviles deben permanecer en su sitio, bien ajustadas.

Antes del comienzo de los trabajos verificar el perfecto estado de las diferentes partes de la máquina, así como de los sistemas de seguridad (fugas en los circuitos hidráulicos, de combustible y de refrigeración; niveles de líquidos; dispositivos de alarma y señalización; sistema de alumbrado; ..).

No guardar trapos grasientos ni combustibles en la máquina, pueden incendiarse.

Se deben tomar las precauciones habituales en el mantenimiento de un vehículo, no fumar al manipular la batería o al repostar combustible.

Para subir y bajar de la máquina utilizar los peldaños y asideros. No saltar de la máquina.

Se debe subir y bajar de la máquina de forma frontal (mirando hacia ella).

No se debe subir o bajar de la máquina con materiales o herramientas en la mano.

Si en la zona de trabajo hay riesgo de desprendimientos debe sanearse previamente.

Las perforadoras deberán tener protección contra la caída de objetos.

El maquinista no debe abandonar la máquina con el motor en marcha.

Una vez terminados los trabajos, cerrar bien la máquina, quitar las llaves y asegurar la máquina contra vandalismo y utilización no autorizada.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:

- Casco de seguridad (si existe el riesgo de caída de objetos o de golpes en la cabeza).
- Protectores auditivos.

- Guantes de protección.
- Botas de seguridad.
- Ropa de trabajo.

Camión dumper

Los camiones dumper a utilizar en esta obra, estarán dotados de los siguientes medios a pleno funcionamiento.

- Faros de marcha hacia adelante.
- Faros de marcha de retroceso.
- Intermitentes de aviso de giro.
- Pilotos de posición delanteros y traseros.
- Pilotos de balizamiento superior delantero de la caja.
- Servofrenos.
- Frenos de mano.
- Bocina automática de marcha retroceso.
- Cabina antivuelco y anti-impactos.

Diariamente, antes del comienzo de la jornada, se inspeccionará el buen funcionamiento del motor, sistemas hidráulicos, frenos, dirección, luces, bocinas, neumáticos, etc., en prevención de los riesgos por mal funcionamiento o avería.

El Encargado o Capataz será el responsable de controlar la ejecución de la inspección diaria, de los camiones dumper.

A los conductores de los camiones dumper se les hará entrega de la normativa preventiva. Del recibí, se dará cuenta, a la Dirección Facultativa (o Jefatura de Obra).

Se prohíbe en esta obra, trabajar o permanecer a distancias inferior a 10 metros (como norma general), de los camiones dumper.

Los camiones dumper en estación, quedarán señalizados mediante “señales de peligro”.

La carga se regará superficialmente para evitar posibles polvaredas.

Se prohíbe expresamente, cargar los camiones dumper por encima de la carga máxima marcada por el fabricante, para prevenir los riesgos por sobrecarga.

Todos los camiones dumper a contratar en esta obra, estarán en perfectas condiciones de conservación y de mantenimiento, en prevención del riesgo por fallo mecánico.

Se establecerán fuertes topes de final de recorrido, ubicados a un mínimo de 2 metros (como norma general), del borde de los taludes, en prevención del vuelco y caída durante las maniobra de aproximación para vertido.

Se instalarán señales de “peligro” y de “prohibido el paso”, ubicadas a 15 metros (como norma general), de los lugares de vertido de los dúmperes, en prevención de accidentes al resto de los operarios.

Se instalará un panel ubicado a 15 metros (como norma general), del lugar de vertido de los dúmperes con la siguiente leyenda: “NO PASE, ZONA DE RIESGO , LOS CONDUCTORES PUEDE QUE NO LE VEAN, APÁRTESE DE ESTA ZONA”.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:

- Casco de seguridad (para abandonar la cabina del camión siempre y cuando sea necesaria la protección del cráneo).
- Ropa de trabajo.
- Zapatos de Seguridad.
- Guantes de cuero (mantenimiento).
- Guantes de goma (mantenimiento).
- Mandil impermeable (mantenimiento).

Camión de transporte

Todos los camiones dedicados al transporte de materiales para esta obra, estarán imperfectas condiciones de mantenimiento y conservación.

Antes de iniciar las maniobras de carga y descarga del material además de haber sido instalado el freno de mano de la cabina del camión, se instalarán calzos de inmovilización de las ruedas, en prevención de accidentes por fallo mecánico.

Las maniobras de posición correcta, (aparcamiento), y expedición, (salida), del camión serán dirigidas por un señalista.

El ascenso y descenso de la caja de los camiones, se efectuará mediante escalerillas metálicas fabricadas para tal menester, dotadas de ganchos de inmovilización y seguridad.

Todas las maniobras de carga y descarga serán dirigidas por un especialista conocedor del proceder más adecuado.

Las maniobras de carga y descarga mediante plano inclinado, (con dos portes inclinados, por ejemplo), será gobernada desde la caja del camión por un mínimo de dos

operarios mediante soga de descenso. En el entorno del final del plano no habrá nunca personas, en prevención de lesiones por descontrol durante el descenso.

El colmo máximo permitido para materiales sueltos no superará la pendiente ideal del 5% y se cubrirá con una lona, en previsión de desplomes.

Las cargas se instalarán sobre la caja de forma uniforme compensando los pesos, de la manera más uniformemente repartida posible.

El gancho de la grúa auxiliar, estará dotado de pestillo de seguridad.

A las cuadrillas encargadas de la carga y descarga de los camiones, se les hará entrega de la siguiente normativa de seguridad.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:

- Casco de seguridad.
- Cinturón de seguridad de sujeción y de caída.
- Botas de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Manoplas de cuero.
- Guantes de cuero.
- Salva hombros y cara de cuero (transporte de cargas a hombros).
- Calzado para la conducción de camiones (calzado de calle).

Camión hormigonera

Las rampas de acceso a los tajos no superarán la pendiente del 20 % (como norma general), en prevención de atoramientos o vuelco de los camiones hormigonera.

La limpieza de la cuba y canaletas se efectuará en lugares definidos para tal labor, en prevención de riesgos por la realización de trabajos en zonas próximas.

La puesta en estación y los movimientos del camión-hormigonera durante las operaciones de vertido, serán dirigidos por un señalista, en prevención de los riesgos por maniobras incorrectas.

Las operaciones de vertido a lo largo de cortes en el terreno se efectuarán sin que las ruedas de los camiones-hormigoneras sea inferior en 2 m., la distancia hasta el borde.

A los conductores de los camiones-hormigoneras se les entregará la normativa de seguridad.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:

- Casco de seguridad.
- Botas impermeables de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Mandil impermeable (limpieza de canaletas).
- Guantes impermeabilizados.
- Calzado para la conducción de camiones.

Camión grúa

Antes de iniciar las maniobras de carga se instalarán calzos inmovilizadores en las cuatro ruedas y los gatos estabilizadores.

Las maniobras de carga y descarga serán dirigidas por un especialista en prevención de los riesgos por maniobras incorrectas.

Los ganchos de cuelgue estarán dotados de pestillos de seguridad.

Se prohíbe expresamente sobrepasar la carga máxima admisible fijada por el fabricante del camión en función de la extensión brazo -grúa.

El gruista tendrá en todo momento a la vista la carga suspendida. Si esto no fuera posible, las maniobras serán expresamente dirigidas por un señalista, en prevención de los riesgos por maniobras incorrectas.

Las rampas para acceso del camión grúa no superarán inclinaciones del 20% como norma general (salvo características especiales del camión en concreto), en prevención de los riesgos de atoramiento o vuelco.

Se prohíbe realizar suspensión de cargas de forma lateral cuando la superficie de apoyo del camión esté inclinada hacia el lado de la carga, en previsión de los accidentes por vuelco.

Se prohíbe estacionar (o circular con), el camión grúa a distancias inferiores a 2 m., (como norma general), del corte del terreno, en previsión de los accidentes por vuelco.

Se prohíbe realizar tirones sesgados de la carga.

Se prohíbe arrastrar cargas con el camión grúa (el remolcado se efectuará según características del camión).

Las cargas en suspensión, para evitar golpes y balanceos se guiarán mediante cabos de gobierno.

Se prohíbe la permanencia de personas en torno al camión grúa a distancias inferior a 5 metros.

Se prohíbe la permanencia bajo las cargas en suspensión.

El conductor del camión grúa estará en posesión del certificado de capacitación que acredite su pericia.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:

- Casco de seguridad (siempre que se abandone la cabina en el interior de la obra y exista el riesgo de golpes en la cabeza).
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Calzado para conducción.

Extendedora de firmes

No se permite la permanencia sobre la extendedora en marcha a otra persona que no sea su conductor, para evitar accidentes por caída.

Las maniobras de aproximación y vertido de productos asfálticos en la tolva estará dirigida por un especialista, en previsión de los riesgos por impericia.

Todos los operarios de auxilio quedarán en posición en la cuneta por delante de la máquina durante las operaciones de llenado de la tolva, en prevención de los riesgos por atrapamiento y atropello durante las maniobras.

Los bordes laterales de la extendedora, en prevención de atrapamientos, estarán señalizados a bandas amarillas y negras alternativas.

Todas las plataformas de estancia o para seguimiento y ayuda al extendido asfáltico, estarán bordeadas de barandillas tubulares en prevención de las posibles caídas, formadas por pasamanos de 90 cm. de altura barra intermedia y rodapié de 15 cm. desmontable para permitir una mejor limpieza.

Se prohíbe expresamente, el acceso de operarios a la regla vibrante durante las operaciones de extendido, en prevención de accidentes.

Sobre la máquina junto a los lugares de paso y en aquellos con riesgo específico, se adherirán las siguientes señales:

- Peligro sustancias calientes (“peligro, fuego”)

- Rótulo: NO TOCAR, ALTAS TEMPERATURAS.

Los equipos de protección individuales, de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina, y en función del riesgo serán:

- Casco de polietileno (sólo si existe el riesgo de golpes o de caída de objetos sobre las personas).
- Sombrero de paja, o asimilable, para protección solar.
- Botas de media caña, impermeables.
- Ropa de trabajo.
- Guantes impermeables.
- Mandil impermeables.
- Polainas impermeables

Rodillo vibrante autopropulsado.

Los conductores de los rodillos vibrantes serán operarios de probada destreza en el manejo de estas máquinas, en prevención de los riesgos por impericia.

A los conductores de los rodillos vibrantes se les hará entrega de la normativa preventiva. Del recibí se dará cuenta a la Dirección Facultativa , (o Jefatura de Obra).

Las compactadoras a utilizar en esta obra estarán dotadas de cabinas antivuelco y anti-impactos.

Las cabinas antivuelco serán las indicadas específicamente para este modelo de máquina por el fabricante.

La cabinas antivuelco utilizadas no presentarán deformaciones por haber resistido algún vuelco.

Las compactadoras a utilizar en esta obra, estarán dotadas de un botiquín de primeros auxilios, ubicado de forma resguardada para conservarlo limpio.

Se prohíbe expresamente el abandono del rodillo vibrante con el motor en marcha.

Se prohíbe el transporte de personas ajenas a la conducción sobre el rodillo vibrante.

Se prohíbe el acceso a la conducción con vestimentas sin ceñir, cadenas, pulseras, anillos, relojes, porque pueden engancharse en los salientes o en los controles.

Los rodillos vibrantes utilizados en esta obra, estarán dotados de luces de marcha adelante y de retroceso.

Se prohíbe la permanencia de operarios en el tajo de rodillos vibrantes, en prevención de atropellos.

Se prohíbe expresamente dormir a la sombra proyectada por el rodillo vibrante en estación, en prevención de accidentes.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:

- Casco de seguridad con protectores auditivos incorporados, (siempre que exista la posibilidad de golpes).
- Casco de seguridad, (siempre que exista la posibilidad de golpes).
- Protectores auditivos.
- Cinturón elástico antivibratorio.
- Gafas de seguridad antiproyecciones y polvo.
- Ropa de trabajo.
- Traje impermeable.
- Zapatos para conducción de vehículos.
- Guantes de cuero, (mantenimiento).
- Mandil de cuero, (mantenimiento).
- Polainas de cuero, (mantenimiento).

Gunitadora

Las conexiones de las mangueras se harán mediante abrazaderas para evitar que se puedan soltar las mismas.

Para evitar el taponamiento de la conducción se debe reducir al mínimo el número de codos y sobre todo evitar el uso de los de radio pequeño.

Si se produce algún taponamiento eliminar la presión del tubo y parar la bomba para proceder a su destaponamiento. En primer lugar, localizar el atasco golpeando distintas secciones de tubería para determinar por el sonido el punto exacto, aflojando a continuación la brida más próxima al atasco.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:

- Casco.
- Calzado de seguridad impermeable.
- Guantes anticorte.
- Guantes impermeables.
- Ropa de trabajo.

- Gafas antiproyecciones o pantallas faciales.
- Mascarillas antipolvo.

Máquina pintado marcas viales

Previo a todo trabajo se deberá instalar la señalización de seguridad de acuerdo con las Normas para Señalización de Obras en las Carreteras (O.M. de 31/8/88. B.O.E. 18/9/88), Instrucción 8.3-IC.

Este equipo únicamente debe ser utilizado por personal autorizado y debidamente instruido, con una formación específica.

Mantener limpios los rótulos de seguridad instalados en la máquina y reemplazar los que falten.

Cuando se utilice vapor, agua o aire a presión para la limpieza de la máquina, proveerse del equipo de protección adecuado.

No tratar de hacer ajustes con la máquina en movimiento o con el motor en marcha.

Las rejillas y chapas de protección que evitan el contacto con piezas móviles deben permanecer en su sitio, bien ajustadas.

Antes del comienzo de los trabajos verificar el perfecto estado de las diferentes partes de la máquina, así como de los sistemas de seguridad (Presión de los neumáticos; funcionamiento de los frenos; fugas en los circuitos hidráulicos, de combustible y de refrigeración; niveles de líquidos; dispositivos de alarma y señalización; sistema de alumbrado;...).

Siempre que se efectúen operaciones de reparación o mantenimiento, pare el motor, ponga el freno de estacionamiento y bloquee la máquina. Para la sustitución de bocas y barrenas utilizar las herramientas adecuadas.

Se deben tomar las precauciones habituales en el mantenimiento de un vehículo, no fumar al manipular la batería o al repostar combustible.

Para subir y bajar de la máquina utilizar los peldaños y asideros. No saltar de la máquina.

El maquinista no debe abandonar la máquina con el motor en marcha.

Una vez terminados los trabajos, cerrar bien la máquina, quitar las llaves y asegurar la máquina contra vandalismo y utilización no autorizada.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:

- Casco de seguridad (si existe el riesgo de caída de objetos o de golpes en la cabeza).
- Protectores auditivos.
- Guantes de protección.
- Botas de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Mascarilla de protección respiratoria.

Martillo neumático

Se acordonará (o cerrará totalmente, según casos), la zona bajo los tajos de martillos, en prevención de daños a los trabajadores que pudieran entrar en la zona de riesgo de caída de objetos.

Cada tajo con martillos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnaran cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones.

Los trabajadores que de forma continuada realicen los trabajos con el martillo neumático, serán sometidos a un examen médico mensual para detectar posibles alteraciones (oídos, órganos internos, huesos-articulaciones, etc.).

En el acceso a un tajo de martillos, se instalarán sobre pies derechos, señales de “Obligatorio el uso de protección auditiva”, “Obligatorio el uso de gafas antiproyecciones” y “Obligatorio el uso de mascarillas de respiración”.

El personal de esta obra que debe manejar los martillos neumáticos será especialista en estas máquinas, en prevención de los riesgos por impericia.

Se prohíbe el uso de martillos neumáticos al personal no autorizado en previsión de los riesgos por impericia.

Se prohíbe expresamente en esta obra, el uso del martillo neumático en las excavaciones en presencia de líneas eléctricas enterradas a partir de ser encontrada la “banda” o “señalización de aviso” (unos 80 cm., por encima de la línea).

Se prohíbe expresamente en esta obra, dejar los martillos neumáticos abandonados hincados en los paramentos que rompe, en previsión de desplomes incontrolados.

Se prohíbe expresamente en esta obra, aproximar el compresor a distancias inferiores a 15 metros (como norma general), del lugar de manejo de los martillos para evitar la conjunción del ruido ambiental producido.

Antes del inicio del trabajo se inspeccionará el terreno circundante para detectar la posibilidad de desprendimientos de tierras por la vibración transmitida al entorno.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:

- Casco de polietileno con protectores auditivos incorporados (según casos).
- Protectores auditivos (según casos).
- Taponcillos auditivos (según casos)
- Mandil de cuero.
- Manguitos de cuero.
- Manoplas de cuero.
- Polainas de cuero.
- Gafas antiproyecciones.
- Mascarillas antipolvo con filtro recambiables.
- Botas de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Faja elástica de protección de cintura (antivibratoria).
- Muñequeras elásticas (antivibratorias).

Grupo electrógeno

Este equipo debe ser utilizado por personal autorizado y debidamente instruido con una formación específica adecuada.

Se comprobará que el grupo electrógeno cuente con las protecciones eléctricas suficientes (magnetotérmicos y diferenciales).

Se revisará la colocación a tierra del equipo, mediante pica y cable amarillo- verde unido a la carcasa del equipo.

Está totalmente prohibido “puentear” los interruptores.

Se comprobará que las máquinas accionadas por el grupo cuentan con las protecciones eléctricas necesarias.

Se señalizarán los riesgos eléctricos de los equipos y la necesidad (si procede) de efectuar la conexión a tierra.

El grupo electrógeno tendrá colocadas todas las carcasas de protección de las partes móviles, para evitar riesgos de golpes y atrapamientos.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:

- Casco de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero (preferible muy ajustados)

Máquinas herramienta portátiles

Todas las máquinas que no posean doble aislamiento, deberán estar conectadas a tierra. Cuando estos equipos se utilicen en emplazamientos muy conductores, (recintos reducidos y metálicos, zonas con mucha presencia de agua,...), la alimentación eléctrica deberá realizarse por medio de transformadores de separación de circuitos.

Los cables eléctricos, conexiones, etc., deberán estar en perfecto estado, siendo conveniente revisarlos con frecuencia.

Se comprobará que el aparato no carece de alguna de las piezas constituyentes de su carcasa de protección.

Se comprobará el estado del cable y de la clavija de conexión, dejándose de usar si aparecen deteriorados.

En el caso de trabajos en lugares expuestos a proyecciones de agua, (trabajos a la intemperie en días lluviosos), si la máquina no tiene el Grado IP de protección IP x4x, no debería ser utilizada pues el riesgo de contacto eléctrico se eleva.

Los alargadores empleados deben estar en correcto estado, revisándose periódicamente, los cables deben de soportar una tensión nominal mínima de 440V.

Cuando se pase la herramienta de un operario a otro, se debe hacer siempre a máquina parada, y a ser posible, dejarla en el suelo para que el otro la coja, y no mano a mano, por el peligro de una posible puesta en marcha involuntaria.

Cuando se cambien útiles, se hagan ajustes, o se efectúen reparaciones, se deben desconectar del circuito eléctrico, para que no haya la posibilidad de ponerlas en marcha involuntariamente.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios de esta máquina y en función del riesgo serán:

- Casco de seguridad, (siempre que exista la posibilidad de golpes).
- Protectores auditivos.

- Guantes de protección.
- Gafas de seguridad antiproyecciones y polvo.
- Mascarilla autofiltrante (si fuera necesario).

Medios Auxiliares

Escaleras de mano.

Las escaleras de madera a utilizar en esta obra, tendrán los largueros de una sola pieza, sin defectos ni nudos que puedan mermar su seguridad.

Los peldaños (travesaños) de madera estarán ensamblados.

Las escaleras de madera estarán protegidas de la intemperie mediante barnices transparentes, para que no oculten los posibles defectos.

Las escaleras de madera se guardarán a cubierto; a ser posible se utilizarán preferentemente para usos internos de la obra.

De aplicación al uso de escaleras metálicas.

Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.

Las escaleras metálicas estarán pintadas con pinturas antioxidación que las preserven de las agresiones de la intemperie.

Las escaleras metálicas a utilizar en esta obra, no estarán suplementadas con uniones soldadas.

El empalme de escaleras metálicas se realizará mediante la instalación de los dispositivos industriales fabricados para tal fin.

Para el uso de escaleras de mano, independientemente de los materiales que las constituyen

Se prohíbe la utilización de escaleras de mano en esta obra para salvar alturas superiores a 5 m.

Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, estarán dotadas en su extremo inferior de zapatas antideslizantes de seguridad.

Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, estarán firmemente amarradas en su extremo superior al objeto o estructura al que dan acceso.

Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar.

Esta cota se medirá en vertical desde el plano de desembarco, al extremo superior del larguero.

Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, se instalarán de tal forma, que su apoyo inferior diste de la proyección vertical de superior, $\frac{1}{4}$ de la longitud del larguero entre apoyos.

El ascenso y descenso a través de las escaleras de mano se efectuarán de frente a las mismas. Los trabajos a más de 3,5 m., desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador se realizarán dotado con cinturón de seguridad u otra medida de protección alternativa.

Se prohíbe en esta obra transportar pesos a mano (o a hombro), iguales o superiores a 25 Kg. sobre las escaleras de mano.

Se prohíbe apoyar la base de las escaleras de mano de esta obra, sobre lugares u objetos poco firmes que pueden mermar la estabilidad de este medio auxiliar.

El acceso de operarios en esta obra, a través de las escaleras de mano, se realizará de uno en uno. Se prohíbe la utilización al unísono de la escalera a dos o más operarios.

El ascenso y descenso a través de las escaleras de mano de esta obra, se efectuará frontalmente; es decir, mirando directamente hacia los peldaños que se están utilizando.

Los equipos de protección de individual de los que deberán hacer uso los operarios que trabajen en estos medios auxiliares y en función del riesgo serán:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Botas de goma o P.V.C.
- Calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad de sujeción y/o de caída.

Plataformas

Deberán disponer de:

- Estrobos, argollas, bulos o cualquier elemento donde se enganchen las eslingas, con resistencia suficiente y en buen estado.
- Barandilla de al menos 1 m, barra intermedia y rodapié, excepto en el frontal de perforación, por lo que se empleará arnés de seguridad enganchado al elemento preparado en la propia plataforma.
- El suelo será antideslizante, aconsejándose el de tipo Tramex.

- Las dimensiones de la plataforma serán suficientes como para permitir la movilidad del operario dentro de la misma y la incorporación de la maquinaria, herramientas y materiales necesarios para la ejecución.
- En caso de caída de materiales hacia la plataforma, se habilitará un techo de protección y en caso de no ser viable, por el sistema de enganche empleado (en las cuatro esquinas de la plataforma), se mantendrá la prohibición de trabajos a distinto nivel.
- Llevará pintura o marcas de alta visibilidad.
- Se colocará en cada una de las plataformas, una chapa identificativa, en lugar fácilmente visible, legible y duradera, que se deberá mantener y conservar durante toda la vida útil del equipo, conteniendo, como mínimo, las siguientes indicaciones:
 - PROPIETARIO:
 - TIPO:
 - MATERIAL FABRICACIÓN:
 - N° IDENTIFICACIÓN:
 - PESO DE LA PLATAFORMA (Kg):
 - DIMENSIONES (mm):
 - CAPACIDAD N° PERSONAS:
 - CARGA MÁXIMA (Kg):
 - FECHA DE REVISIÓN:
 - ENTIDAD QUE REvisa:
 - FECHA PRÓXIMA REVISIÓN:

Eslingas, cadenas y cables

Dispondrán de marcado CE.

Se someterán a revisiones periódicas.

Los coeficientes de seguridad para el izado de personas serán los que se muestran en la siguiente tabla.

TIPO	COEFICIENTE
TEXTILES	14
CADENAS	8
CABLES	10

Tabla 44. Coeficientes de seguridad para el izado de personas

La carga de trabajo de una eslinga es aquella que puede ser soportada por ésta con toda seguridad. Este dato deberá estar marcado con toda claridad en la propia eslinga.

Debe tenerse en cuenta que la resistencia de la eslinga disminuye en función del ángulo que formen entre sí los ramales de la misma.

Al levantar cargas se elegirán eslingas con ramales largos, para que el ángulo formado por éstos no sea superior a 90°. Cuanto menor sea est ángulo mejor trabajará la eslinga.

Comprobaciones:

- Las eslingas y estrobos serán examinados con detenimiento y periódicamente, con el fin de comprobar si existen deformaciones, alargamiento anormal, rotura de hilos, desgaste, corrosión, etc., que hagan necesaria la sustitución, retirando de servicio los que presenten anomalías que puedan resultar peligrosas.
- Las horquillas de las grapas se colocarán, invariablemente, sobre el ramal muerto del cable, quedando la base estriada de la grapa sobre el ramal tenso.
- Antes de poner en servicio una cadena es imprescindible una revisión a fondo de la misma, con objeto de rechazar aquella que no ofrezca garantías de seguridad debido a su conservación.

Uso y mantenimiento:

- Las eslingas se engancharán de modo que descansen en el fondo de la curvatura.
- Las soldaduras o zonas unidas con sujetacables no se colocarán sobre el gancho o aristas de las cargas, de modo que puedan trabajar exclusivamente a tracción.
- No deben cruzarse los cables de dos ramales de eslingas distintas sobre el gancho de sujeción.

- Se evitará el contacto de las eslingas con aristas vivas de las cargas a transportar.
- Si el ángulo de los ramales sobrepasa los 90°, deben utilizarse eslingas más largas o pórticos adecuados.
- Es preciso evitar dejar los cables a la intemperie en el invierno (el frío hace frágil al acero). Antes de utilizar un cable que ha estado expuesto al frío, debe calentarse.
- No someter nunca, de inmediato, un cable nuevo a su carga máxima. Utilícese varias veces bajo una carga reducida, con el fin de obtener un asentamiento y tensión uniforme de todos los hilos que lo componen.
- Hay que evitar la formación de cocas y utilizar cables demasiado débiles para las cargas que se vayan a transportar.
- Las eslingas y estrobos no deben dejarse abandonados ni tirados por el suelo, para evitar que la arena y la grava penetren entre sus cordones. Deberán conservarse en lugar seco, bien ventilado, al abrigo y resguardo de emanaciones ácidas. Se cepillarán y engrasarán periódicamente y se colgarán de soportes adecuados.
- La curvatura mínima será de cuatro a cinco veces el diámetro del cable.
- Las cadenas deben mantenerse libres de nudos o torceduras, enrollándose en tambores, ejes o poleas ranuradas.
- El almacenamiento se hará teniendo en cuenta la posibilidad de oxidación por la presencia de la humedad.
- Cuando se utilicen para elevar cargas de aristas agudas, se colocará entre la cadena y la carga un taco de material blando o ángulos de protección redondeados.
- No se deben realizar empalmes mediante nudos, atado con alambre, pasando un eslabón a través de otro, etc. Estas uniones deben efectuarse mediante argollas de unión desmontables o en su defecto con eslabones dotados de manguitos roscados.
- El frío disminuye la resistencia de la cadena haciéndola frágil. Por ello, en tiempo de frío (especialmente con temperaturas inferiores a 0° C) se cargará con menos peso del indicado en la cadena.
- Emplear accesorios (grilletes, argollas, etc.) adecuados.
- No golpear con martillos u otros objetos los eslabones de la cadena

Manejo de Cargas y Pesos

En la obra que nos ocupa gran parte de los trabajos realizados se ejecutan con el levantamiento y transporte de pequeñas cargas realizadas por los operarios. Dichas labores

no entrañan un riesgo directo, pero si importante para la salud de los trabajadores que la ejecutan.

Es por ello que a continuación se desarrollan indicaciones a la hora de realizar dichos trabajos. Todo trabajador debe de ser instruido sobre las indicaciones que a continuación se desarrollan.

Técnicas de elevación

Al tener que elevar grandes pesos se debe hacer con los poderosos músculos de las piernas y nalgas, partiendo de la posición de cuclillas y manteniendo la parte superior del cuerpo erecta y tensa.

Cuando se levante un peso con la espalda debidamente erecta, la pelvis se inclina en la articulación de la cadera, manteniéndose rígida o erguida la columna vertebral y en una posición estática favorable.

La secuencia para levantar un peso será la siguiente:

- (1) Poner los pies a los lados de la carga con las piernas ligeramente separadas.
Adoptar una posición agachada equilibrada, enderezar la espalda y tensar los músculos dorsales y abdominales.
- (2) Elevar la carga mediante el enderezamiento de las piernas.
- (3) Erguir la parte superior del cuerpo.

Cuando se levanta una carga con la espalda encorvada, la columna vertebral forma un arco y el eje ventral pasa por el tercio posterior de las vértebras y discos.

Así, la presión debida a la carga (esfuerzo de compresión) se reparte de forma irregular sobre los dos tercios anteriores de la superficie de los discos y el tercio posterior y los músculos de la espalda sufren el esfuerzo de la tracción.

Cuando la carga se levanta con la espalda erecta, el esfuerzo de compresión se distribuye favorablemente sobre la superficie total de vértebras y discos. En este caso, la espina dorsal es afianzada por todas partes por los músculos. Sólo estará sometida al esfuerzo de compresión, ya que los músculos absorberán las fuerzas de la inclinación. La presión en los discos resulta así alrededor de un 20% menor que con la espalda curvada.

Las diferencias entre una forma y otra de izar son notables al comparar las tensiones marginales (esfuerzos de tracción o compresión por unidad de superficie). Estas tensiones son alrededor de dos veces mayor en la espalda encorvada para igual ángulo de inclinación y de tres veces mayor para igual longitud de brazo palanca.

Posiciones y palancas

Cuando la espalda es encorvada hacia delante o hacia atrás se produce una desviación de la columna, sometiendo a los músculos y ligamentos del lado contrario a la concavidad a una fuerte tracción y a las aristas de las vértebras y los discos en ese lado cóncavo a una sobrepresión.

Así quedan eliminadas las reservas elásticas de la columna, siendo recibido de forma brusca cualquier esfuerzo repentino y suplementario (pérdida de equilibrio, resbalones, levantamiento de pesos de forma brusca), con lo que aumenta el riesgo de lesión.

Así pues, el levantamiento y traslado de cargas, tirar o empujar carretillas o contenedores, la subida por escaleras con carga, etc. deberá hacerse sin brusquedades y con sumo cuidado, evitando siempre el arqueo peligroso de la espalda con la concavidad en la parte posterior.

Durante el trabajo no debe deformarse la columna hacia atrás, hacia delante o alrededor de su eje y nunca el levantamiento o descenso de cargas se ligera a la torsión del tronco.

Hay que tener siempre presente que estas operaciones de levantamiento y traslado de cargas exigen una coordinación perfecta de los músculos. Cualquier interferencia o una acción negativa del medio ambiente puede entorpecer esta coordinación y pueden aparecer dolores. Se deben evitar las distracciones ante la rigidez de los músculos y tendones por la acción del frío, de la humedad y corrientes de aire.

Reglas de sostenimiento y transporte

En posición de pie el hombre puede colocar cargas a lo largo de importantes distancias sin hacerse daño si coloca dichas cargas convenientemente.

En el transporte con yugo el consumo de energía es pequeño. Cuando el transporte se hace con los brazos a lo largo del cuerpo aumenta el consumo energético en un 10%, siendo de un 20% cuando se hace sobre la espalda y de un 70% cuando es sobre el vientre.

Este consumo diferente de energía proviene de las diferentes posiciones del centro de gravedad de la carga y de la importancia del trabajo estático que se deriva. La carga en la columna vertebral y el trabajo estático producido por la carga irán disminuyendo en función de la proximidad del centro de gravedad de la carga al eje vertical que pasa por los pies. La mayoría de las reglas concernientes al levantamiento de cargas cumplen con este principio, siendo esencialmente las siguientes:

- Transportar la carga manteniéndose erguido.
- Cargar los cuerpos simétricamente.
- Soportar la carga con el esqueleto corporal.
- Aproximar la carga al cuerpo.
- Elementos auxiliares tales como cinchas, yugos, albardas, etc

1.6. Plan de emergencia y evacuación.

En cumplimiento del Art. 20 de la Ley 31/95, el Contratista elaborará un plan de emergencia, analizando las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores.

1.6.1. Objeto y desarrollo.

Este documento define la secuencia de actuaciones a realizar para cada caso de las posibles situaciones de Emergencia que se han previsto, optimizando los medios técnicos disponibles y asignando funciones específicas a determinados grupos humanos de la obra.

Para que el Plan de Emergencia y Evacuación sea efectivo hay que definir previamente los siguientes aspectos:

- Clasificación de las emergencias
- Acciones a emprender
- Equipos que desarrollarán las acciones

1.6.2. Definición y clasificación de las emergencias.

Se puede definir una EMERGENCIA como cualquier situación no deseada e imprevista que puede poner en peligro la integridad física de las personas, las dependencias y el medio ambiente, exigiendo una actuación y/o una evacuación rápida y segura de las mismas.

Las emergencias se clasifican en:

- Conato de emergencia: Es el accidente que puede ser controlado y dominado de forma sencilla y rápida por el personal con los medios propios del lugar de trabajo correspondiente.
- Emergencia parcial: Es el accidente que ha pasado de conato, pero no afecta a la totalidad de locales o puestos de trabajo de la obra. Para ser controlado, no es necesario movilizar a todos los equipos de emergencia y autoprotección de la obra;

y debe bastar con la actuación de los Equipos de emergencia y autoprotección del sector afectado.

- Emergencia general: Es el accidente que supera todas las previsiones y que afecta a varios (o la totalidad) de locales o puestos de trabajo. Para ser controlado, es necesario movilizar a todos los Equipos de Emergencia y Autoprotección de la obra e incluso los medios de protección, socorro y salvamento exteriores, contando en todo momento con la organización del

Centro de Control, y que además requiere la evacuación total en las zonas de trabajo afectadas.

Para todos los niveles es obligatorio dar la alarma al centro de control y al centro de asistencia sanitaria de inmediato.

1.6.3. Acciones a emprender.

Alerta

Su objetivo fundamental será el aviso y/o movilización de los equipos de Emergencia y Autoprotección de la obra.

De la forma más rápida posible pondrá en acción a los Equipos de Emergencia y Autoprotección de la obra, al Centro de Control y al Centro de Asistencia Sanitaria.

La alerta se realizará, principalmente, mediante alguna de las siguientes actuaciones:

- Personal: Aviso por algún trabajador a los componentes de los equipos de Emergencia y Autoprotección del tajo afectado.
- Teléfono: Aviso al Centro de Control y al Centro de Asistencia Sanitaria desde cualquier punto de la obra, utilizando los móviles que poseen los capataces y el personal técnico.

La alarma

Su objetivo fundamental será el aviso para la evacuación y podrá ser restringido o general.

Se transmitirá de forma personal, localizando a los grupos de personas que pueden ser afectados y dándoles la instrucción de evacuar el tajo correspondiente a la vez que facilitándoles los vehículos necesarios.

La intervención

Para el control de las emergencias, recogerá las actuaciones específicas por parte de los Equipos de Emergencias y Autoprotección de la obra y del Centro de Asistencia Sanitaria bajo la organización del Centro de Control.

1.6.4. Otras actuaciones.

Además de las indicadas, se pueden preparar otras actuaciones a desarrollar durante la situación de emergencia y que podrían ser:

- Recepción de los servicios de intervención del exterior
- Salvamento de elementos de la obra que corran peligro de destrucción o deterioro
- Mantenimiento de procesos u operaciones que no puedan detenerse durante una emergencia
- Control de accesos para negar la entrada a quien no se autorice por las características de la emergencia
- Inspecciones y retén en la zona afectada una vez pasada la situación de emergencia
- Otros

1.7. Instalaciones de higiene y bienestar y servicio de primeros auxilios.

Considerando el número previsto de operarios, se eleva a unos treinta, se preverá la realización de las siguientes instalaciones:

1.7.1. Emplazamiento, uso y permanencia en obra.

Los locales y servicios para higiene y bienestar de los trabajadores que vengán obligados por las disposiciones vigentes sobre la materia deberán ubicarse en la propia obra, serán para uso exclusivo del personal adscrito a la misma, se instalarán antes del comienzo de los trabajos y deberán permanecer en la obra hasta su total terminación.

1.7.2. Cálculo de instalaciones.

Comedores

Se ha previsto la preparación de un recinto, módulo, el cual tendrá las siguientes dimensiones 30x4,80x2,59 m. Dispondrá de iluminación natural y artificial adecuada, ventilación suficiente y estará dotado de mesas, asientos, pilas para lavar la vajilla, agua potable, calienta comidas y cubos con tapa para depositar los desperdicios. En invierno

estará dotado de calefacción. Las unidades de cada una de las dotaciones serán las indicadas en la tabla del apartado anterior.

Oficinas-Vestuarios

Se estima la superficie de las oficinas de 6,3x2,40x2,50 m. Dispondrá de iluminación natural y artificial adecuada, ventilación suficiente, en verano estará dotado de un sistema de climatización, y estará dotado de mesas, asientos. En invierno estará dotado de calefacción.

Se estima la superficie de los vestuarios en 2,00 por trabajador que deba utilizarlos simultáneamente. En esta superficie se incluyen las taquillas así como los bancos y asientos, siempre que ello permita la utilización de las instalaciones sin dificultades o molestias para los trabajadores. La altura mínima de estos locales será de 2,50 m.

Se ha previsto la preparación de cuatro recintos para vestuarios. La caseta de vestuarios tendrán de dimensiones 9,120x2,435x2,591 m. (22,344 de superficie).

La zona de vestuario estará provista de una taquilla para cada trabajador con cerradura, asientos y perchas.

Caseta Sanitaria-Baños Químicos

La zona de servicios contará con inodoros en cabina individual, duchas en cabina individual, con agua caliente, lavabos, con espejo, jabón y agua caliente, jaboneras, portarrollos, toalleros y toallas.

Se dispondrá de duchas y lavabos apropiados en número mínimo de 1 ducha y un lavabo por cada 10 trabajadores que trabajen en la misma jornada. La ducha será de uso exclusivo para tal fin. Las dimensiones mínimas del plato de ducha serán de 70x70 cm.

Se dotará de 1 retrete por cada 25 trabajadores, 1 lavabo por cada retrete y 1 urinario por cada 25 trabajadores. Todas las unidades se refieren a las personas que coincidan en un mismo turno de trabajo.

La caseta de servicios tendrá de dimensiones 6,055x2,435x2,591 m.

La comunicación entre casetas de servicios y los vestuarios deberá ser fácil.

Ambas zonas contarán con calefacción en invierno.

Con respecto a los baños-químicos indicar que su misión es la de facilitar el acceso a los aseos en aquellas zonas de la obra alejadas de la zona de casetas. Dichos aseos serán portátiles.

Acometidas

Se acometerá en los puntos disponibles a pie del lugar de trabajo.

Dependiendo del lugar de ubicación de las instalaciones de higiene y bienestar definido a juicio del Contratista, las casetas se podrán acometer a la red general o mediante equipos autónomos y depósitos (generadores y depósitos de agua sanitaria).

Las características de las acometidas son las siguientes:

- Suministro de agua: tubería de paredes lisas de polietileno de alta densidad de diámetro 25 mm. Y para 10 atmósferas de presión.
- Suministro eléctrico: manguera flexible de 4x6 mm² según norma UNE 20432 y UNE 21123.
- Saneamiento: tubería de PVC de diámetro 110 mm. La unión entre los lavabos y la tubería de saneamiento se realizará mediante tubería de PVC de diámetro 50 mm.

Servicios de asistencia médica

Se incluirá un botiquín de primeros auxilios entre las dotaciones de cada una de las casetas de vestuarios.

1.8. Señalización general de seguridad y salud.

Es necesario establecer en este Centro de Trabajo un sistema de señalización de Seguridad y Salud a efecto de llamar la atención de forma rápida e inteligible sobre objetos y situaciones susceptibles de provocar peligros determinados, así como para indicar el emplazamiento de dispositivos que tengan importancia desde el punto de vista de la Seguridad.

Deberán señalizar las obras de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997, BOE del 23, "Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo".

1.8.1. Accesos a la obra.

En los accesos de la obra se requerirán las siguientes señales:

- Uso obligatorio de casco.
- Prohibición de entrada a personas ajenas a la obra.
- Entrada y salida para maquinaria.

182. Circulación por interior de obra.

En las circulaciones interiores se requerirán las siguientes señales:

- Peligro cargas suspendidas.
- Peligro maniobra de camiones.
- Situación de botiquín.
- Situación de instalaciones de bienestar e higiene.
- Entrada obligatoria a zona de trabajo.
- Tablón de anuncios.

En las circulaciones verticales se requerirán las siguientes señales:

- Código de señales- maquinista.
- Obligación de observar medidas de seguridad.

En los lugares de trabajo se requerirán:

- Balizamiento en desniveles inferiores a 2 m.
- Obligación de utilización casco.
- Acotación de la zona de trabajo.

ANEJO VI “ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL”

INDICE.

1. Introducción.
2. Identificación de impactos.
3. Variables ambientales susceptibles de recibir impactos.
 - 7.3. Geología.
 - 7.4. Suelos.
 - 7.5. Flora.
 - 7.6. Fauna.
 - 7.7. Paisaje.
8. Matriz de identificación de impactos.

1. Introducción.

Una realidad en cualquier sociedad avanzada es que cada vez es mayor la sensibilidad por los temas relacionados con el medio ambiente. Este es un hecho lógico, pues viene a demostrar que junto a los parámetros clásicos que tradicionalmente se valoran en la ejecución de un proyecto (el social, el tectónico, y el económico), existe uno más: El ambiental. Esta variable es necesaria tenerla muy en cuenta, ya que el medio físico ha pasado a entenderse como un recurso a preservar y cuidar.

En este anejo se van a identificar y describir los impactos ambientales que se generan en el entorno con la construcción del túnel.

Una vez descritas en los apartados anteriores las variables que caracterizan el territorio desde el punto de vista ambiental (Flora y Fauna) y, conocidas las características de la construcción del túnel, se procede en este capítulo a definir los impactos que, previsiblemente, la actuación generará sobre el medio receptor. Ello exige, por un lado, establecer cuáles son las acciones asociadas al proyecto capaces de generar impactos, y por otro, qué elementos ambientales son los que efectivamente van a resultar afectados. Esto, en conjunto, constituye el proceso de identificación de impactos.

2. Identificación de impactos.

En la fase de construcción, distintas acciones derivadas del desarrollo del proyecto son generadoras de impactos sobre el entorno. Dichas acciones se exponen a continuación:

- Expropiación y ocupación de los terrenos afectados: Conlleva la ocupación directa de los usos actuales del terreno y, por tanto, la consiguiente alteración de la propiedad.
- Despeje y desbroce: Implica la supresión de la cubierta vegetal existente, así como de las capas más superficiales del suelo, que constituyen, en general, las de mayor grado de fertilidad.
- Disposición de elementos e instalaciones auxiliares de la obra: Comprende las áreas que, con carácter temporal, habrán de destinarse a elementos tales como parques de maquinaria, almacenes y zonas de acopio de materiales, servicios de personal y oficinas.
- Tránsito de vehículos y maquinaria pesada: La maquinaria pesada transita tanto en la carretera ya existente como para el nuevo trazado que se va construyendo. Esto provoca problemas de movilidad, ruidos y emisiones de polvo.

- **Movimientos de tierras:** Como caso particular de los movimientos de tierra, la excavación de túneles tiene implicaciones ambientales específicas por el empleo continuado y muy localizado de maquinaria de excavación y vehículos asociados.
- **Generación de préstamos y vertedero:** Las necesidades de vertido de excedentes y/o de extracción de tierras para rellenos, poseen importantes implicaciones ambientales, por ocupación de terrenos, alteración de paisaje y relieve, actividad de vehículos y maquinaria, o riesgos de erosión, entre otras. En el caso de nuestro túnel, se tiene la gran ventaja de que el volumen de tierras generado en la excavación de éste se va a trasladar a la cantera “del Robledal” como ya se mencionó en apartados anteriores de este proyecto. Por tanto no se va tener impacto ambiental por esta acción ya que, por lo contrario, se va a ayudar a mejorar la cantera y el impacto visual que ésta ocasiona.
- **Generación de vertidos:** Tanto de forma accidental como resultantes de operaciones de lavado de vehículos, procesos de perforación, etc., es previsible la emisión de vertidos que puedan ser considerados como contaminantes. Entre ellos, cabe citar aceites de motor, combustibles, coladas de hormigoneras, o aguas o restos de lavado, que pueden afectar a la calidad de los suelos del entorno.

3. Variables ambientales susceptibles de recibir impactos.

Las acciones de proyecto citadas anteriormente se asocian a un conjunto de impactos que conllevan, en mayor o menor medida, una pérdida de los méritos ambientales del medio receptor, que será evaluada de acuerdo con un conjunto de indicadores ambientales.

Estos parámetros permitirán, por un lado, definir qué tipo de impacto cabe esperar sobre cada variable ambiental, y por otro, cuantificar dicho impacto de forma que pueda ser efectuada una comparación entre las diferentes alternativas proyectadas.

Los indicadores ambientales que caracterizan a cada variable del medio estudiado, y los criterios que permiten su cuantificación, se comentan seguidamente.

3.1. Geología.

Los movimientos de tierras asociados al proyecto, que generan una alteración del relieve actualmente existente, se presentan como las afecciones más significativas sobre el medio geológico. Como efectos inducidos de especial consideración destaca la generación de volúmenes de materiales sobrantes.

Aunque en este caso, como se mencionó en apartados anteriores, el volumen de tierra sobrante se utiliza para la reconstrucción de la cantera “del Robledal”, con lo cual se elimina el problema del transporte del material sobrante a vertedero.

3.2. Suelos.

Las afecciones sobre esta variable se producen tanto por la ocupación directa por parte de la infraestructura, como por la pérdida de calidad asociada a diversas acciones constructivas, tales como el tránsito de vehículos y maquinaria, especialmente en los elementos auxiliares de obra tales como caminos, acopios temporales, o zonas de instalaciones auxiliares. Todo ello conlleva la pérdida de capacidad productiva de los suelos. A efectos de comparación de alternativas, la afección sobre los suelos de alta capacidad productiva se cuantificará por la superficie directamente ocupada, expresada en hectáreas.

3.3. Flora.

El ámbito de la actuación presenta formaciones vegetales en aceptable estado de conservación, sin elementos singulares especialmente destacables como se describió en el apartado 7 de la memoria.

El diseño de los trazados implica necesariamente la ocupación de superficies cubiertas por tales formaciones, por tanto, la ocupación de formaciones vegetales, permite definir de forma directa al indicador de impacto sobre esta variable. Conocido el emplazamiento de estos enclaves, se determina la superficie de ocupación equivalente de unidades de interés por parte de cada alternativa, expresada en hectáreas.

3.4. Fauna.

La interacción de los trazados propuestos con la fauna del ámbito de estudio se refiere, por una parte, a la ocupación de los territorios que sustentan a las poblaciones faunísticas, y cuya eliminación supondrá en alguna medida, una disminución de sus áreas de alimentación o refugio. Se define así, como indicador de impacto, la ocupación de hábitats faunísticos de interés, que será expresada en hectáreas.

3.5. Paisaje.

Pérdida de la calidad paisajística. Generado por la infraestructura, está basada en la inclusión de ésta en el medio receptor, que implica una potencial pérdida del paisaje actual. La intrusión visual será considerada como indicador del impacto sobre esta variable.

4. Matriz de identificación de impactos.

Como síntesis del proceso de identificación de impactos, se ha elaborado una matriz en la que, de modo gráfico, se representan las interacciones previsibles entre acciones de proyecto y los elementos ambientales del medio receptor.

Así, por columnas, se relacionan las principales acciones del proyecto capaces de producir impacto y, por filas, se enumeran las variables ambientales estudiadas en el inventario ambiental, y susceptibles de ser afectadas por las primeras, a través de los indicadores de impacto. En la tabla 45 adjunta se incluye la Matriz de Identificación de Impactos.

VARIABLES AMBIENTALES E INDICADORES DE IMPACTO		Expropiación y ocupación de los terrenos	Despeje y desbroce	Disposición de elementos e instalaciones auxiliares de la obra	Tránsito de vehículos y maquinaria pesada	Movimientos de tierras	Generación de vertidos
Geología	Alteración de las formas naturales del relieve						
Suelos	Pérdida de suelos de alta capacidad productiva						
Flora	Ocupación de formaciones vegetales						
Fauna	Ocupación de hábitats faunísticos						
Paisaje	Pérdida de la capacidad paisajística						

Tabla 45. Matriz de identificación de impactos

ANEJO VIII “PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS”

INDICE

1. Objeto del pliego.
2. Legislación y normas aplicables.

1. Objeto del pliego.

El presente Pliego tiene por objeto describir los trabajos y enumerar las materias que han de ser objeto de estudio, definir las condiciones y criterios técnicos que han de servir de base para el mismo y concretar la redacción y presentación de los Proyectos que debe elaborar el Consultor, para que el trabajo pueda ser aceptado por la Administración. Incluye también la descripción de los documentos e información que la Administración pone a disposición del Consultor. A excepción de esta documentación, será por cuenta del Consultor la realización de todo el trabajo necesario para alcanzar el objeto del Contrato. También es objeto del presente Pliego la definición de los trabajos de campo, técnicos, administrativos y de gestión, necesarios para llevar a cabo la identificación de los bienes y derechos afectados por el Proyecto. De igual manera, se incluye la descripción de los trabajos que debe realizar el consultor para la preparación de la documentación y la tramitación de la información pública del Proyecto de Trazado, o documento que cumpla su función, así como para la tramitación ambiental del Proyecto. El presente pliego se considerará integrado, en su totalidad, en el de Cláusulas Administrativas Particulares del Contrato, formando, en consecuencia, parte de dicho Contrato.

2. Legislación y normas aplicables.

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en:

Generales

- Real Decreto 604/2006, de 19 de Mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 171/2004. de 30 de Enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Ley 54/2003, de 12 de Diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Modificación de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en sus Artículos 45, 47, 48 y 49 según el Artículo 36 de la Ley 50/1998, de 30 de Diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social.

- Instrucción de 26 de Febrero de 1996 de la Secretaria de Estado para la Administración Pública, para la ampliación de la Ley 31/1995 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales de la Administración del Estado.
- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, de 8 de Noviembre de 1995.
- Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de marzo, por el que se aprueba el Texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Ley 39/1999, de 5 de Noviembre, para promover la conciliación de la vida familiar y laboral de las personas trabajadoras.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.M. 9/3/71. BOE 16/3/71), excepto Títulos I y II, así como los capítulos I, II, III, IV, V, VII, VIII, IX, X, XI, XII y XIII del Título I.
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28/8/70. BOE 5, 7, 8, 9/9/70).
- Real Decreto 44/1996 del 19 de Enero (BOE n ° 46 del 22 de Febrero) “Medidas para garantizar la seguridad general de los productos puestos a disposición del consumidor” (transposición de la Directiva 92/59/CEE de 29 de Junio).
- Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de Marzo. Texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores. BOE de 29 de Marzo.
- Ley 21/1992, de 16 de Julio. Industria (Artículos del 9 al 18). BOE de 23 de Julio.
- Real Decreto 1561/1995 de 21 de Septiembre. Jornadas Especiales de Trabajo. BOE de 26 de Septiembre.
- Orden, de 9 de Marzo de 1971. Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. BOE de 16 y 17 de Marzo. (Derogada parcialmente. Resto vigente: Capítulo VI “Electricidad” para todas las actividades, Art. 24 y Capítulo VII “Prevención y Extinción de Incendios” para edificios y establecimientos de uso industrial, y Capítulos II, III, IV, V y VII para lugares de trabajo excluidos del ámbito de aplicación del Real Decreto 486/1997.
- Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo. O.M. 31 de enero de 1940. BOE de 3 de Febrero de 1940, en vigor capítulo VII.
- Intervención integral de la Administración Ambiental. Ley 3/1998 de 27 de Febrero de 1998, DOGC 13.3 Decreto 136/1999 que la despliega. DOGC 21.5.

- Real Decreto 863/1985, de 2 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- Orden PRE/252/2006, de 6 de Febrero, por la que se actualiza la Instrucción Técnica Complementaria nº 10, sobre la prevención de accidentes graves del Reglamento de Explosivos.
- Real Decreto 2114/1978, de 2 de Marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Explosivos.
- Orden de 10 de febrero de 1975 por la que se aprueba la Norma Tecnológica de la Edificación, NTE-ADD, Demoliciones.

Equipos de Trabajo

- Real Decreto 1215/1997 (BOE 188 de 7 de Agosto). Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Accidentes Mayores
- Real Decreto 886/1988 de 15 de Julio, sobre Prevención de Accidentes Mayores en determinadas actividades industriales. BOE de 5 de Agosto.
- Real Decreto 952/1990, de 29 de Junio. Modifica los Anexos y completa las disposiciones del Real Decreto 886/1988. BOE de 21 de Julio.

Agentes Biológicos

- Real Decreto 664/1997 de 12 de Mayo. Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. BOE de 24 de Mayo.
- Real Decreto 1124/2000 de 16 de Junio, por el que se modifica el Real Decreto de 12 de Mayo sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

Agentes Cancerígenos

- Real Decreto 665/1997 de 12 de Mayo, sobre la protección de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. (BOE n ° 124, de 24 de Mayo).
- Real Decreto 1124/2000, de 16 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. (Fecha actualización 20 de octubre de 2000)
- Real Decreto 349/2003 de 21 de Marzo por el que se modifica el Real Decreto 665/1997 de 12 de Mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, y por el que se amplía su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos.
- Resolución de 15 de Febrero de 1977, sobre el empleo de disolventes y otros compuestos que contengan benceno.

Amianto

- Real Decreto 396/2006, de 31 de Marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
- Convenio de la OIT de 4 de Junio de 1986, número 162, ratificado por instrumentos de 17 de julio de 1990, sobre utilización del asbesto en condiciones de seguridad.

Productos Químicos

- Real Decreto 379/2001, de 6 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-AQP-1, MIE-APQ- 2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE- APQ-7.

Radiaciones Ionizantes

- Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes

- Real Decreto 413/97, de 21 de Marzo, sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgos de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.

Aparatos a Presión

- Real Decreto 222/2001, de 2 de Marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva 1999/36/CE, del Consejo, de 29 de abril, relativa a equipos a presión transportables.
- Real Decreto 1244/1979, de 4 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento de aparatos a presión.
- Real Decreto 1244/1979, de 26 de Mayo. Reglamento de aparatos a presión. BOE de 29 de Mayo. (Instrucciones técnicas complementarias).
- Real Decreto 507/1982, de 15 de Enero de 1982, por el que se modifica el Reglamento de aparatos a presión aprobado por Real Decreto 1244/1979 de 4 de Abril.
- Real Decreto 1504/1990 de 23 de Noviembre. Modifica determinados Artículos del Real Decreto 1244/1979. BOE de 28 de Noviembre de 1990 y de 24 de Enero de 1991.

Aparatos Elevadores

- Reglamento de aparatos elevadores para obras (OM 23/5/77. BOE 14/6/77).
- Orden de 7 Marzo de 1981 modifica el artículo 65 del Reglamento de aparatos elevadores.
- Real Decreto 474/1988 de 30 de Marzo. Disposiciones de aplicación de la Directiva 84/528/CEE sobre aparatos elevadores y de manejo mecánico. BOE de 20 de Mayo.
- Real Decreto 2291/1985 de 8 de Noviembre de. Reglamento de aparatos de elevación y de manutención. BOE de 11 de Diciembre (Instrucciones Técnicas Complementarias).
- Real Decreto 2370/1996 de 18 de Noviembre. Reglamento de aparatos de elevación y de manutención. BOE de 11 de Diciembre (Instrucciones Técnicas Complementarias).

- Real Decreto 2370/1996 de 18 de Noviembre (BOE 309 de 24 de Diciembre) por el que se aprueba la “Instrucción técnica MIE-AEM 4 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención” (Grúas móviles autopropulsadas usadas).
- Real Decreto 1314/97 de 1 de Agosto. Disposiciones de aplicación de la Directiva 95/16/CEE sobre ascensores. BOE de 30 de Septiembre.
- Real Decreto 837/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba el nuevo texto modificado y refundido de la Instrucción técnica complementaria «MIE-AEM-4» del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas móviles autopropulsadas.
- Real Decreto 836/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba una nueva Instrucción técnica complementaria «MIE-AEM-2» del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas torre para obras u otras aplicaciones.
- Orden de 26 de Mayo de 1989, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria «MIE-AEM-3» del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención, referente a carretillas automotoras de manutención.
- Real Decreto de 1513/1991, de 11 de octubre, que establece las exigencias sobre los certificados y las marcas de cables, cadenas y ganchos.

Construcción

- Reglamento de Seguridad e Higiene en la Construcción (O.M. 20/5/52. BOE 15/6/52).
- Real Decreto 1627/97 de 24 de Octubre (BOE 256 del 25 de Octubre) “Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción”.
- Orden de aprobación del Modelo del libro de incidencias en las obras de construcción. O.M. 12 de Enero de 1998. DOGC 2565 de 27 de Enero de 1998.
- Orden de 29 de Abril de 1999 por la que se modifica la “Orden de 6 de Mayo de 1988 sobre los requisitos y datos que deben reunir las comunicaciones de apertura previa o reanudación de actividades en los centros de trabajo”.
- Resolución de 8 de Abril de 1999, sobre Delegación de Facultades en Materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, complementa art. 18 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre de 1997, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

Electricidad

- Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Decreto 3151/1968 de 21 de Noviembre. Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión. BOE de 27 de Diciembre.
- Orden de 10 de Marzo de 2000, por la que se modifican las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT 01, MIE-RAT 02, MIE-RAT 06, MIE-RAT 14, MIE-RAT 15, MIE-RAT 16, MIE-RAT 17, MIE-RAT 18 y MIE-RAT 19 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- Real Decreto 3275/1982 de 1 de Noviembre. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. BOE de 1 de Diciembre. (Instrucciones Técnicas Complementarias).
- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre Disposiciones Mínimas para la Protección de la Salud y Seguridad de los Trabajadores frente al Riesgo Eléctrico.

Empresas de Trabajo Temporal

- Real Decreto 216/1999 de 5 de Febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal.

Trabajadores por Cuenta Propia o Autónomos

- Real Decreto 1273/2003, de 10 de Octubre, por el que se regula la cobertura de las contingencias profesionales de los trabajadores incluidos en el Régimen Especial de la Seguridad Social de los Trabajadores por Cuenta Propia o Autónomos, y la ampliación de la prestación por incapacidad temporal para los trabajadores por cuenta propia.

Incendios y Explosiones

- Real Decreto 1942/1993 de 5 de Noviembre. Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios. BOE de 14 de Diciembre.

- Orden de 16 de Abril de 1998 sobre Normas de Procedimiento y Desarrollo del Real decreto 1942/1993, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios y se revisa el Anexo I y apéndices del mismo.
- Real Decreto 786/2001, de 6 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los establecimientos industriales. (BOE 30 de Julio de 2001).
- Norma Básica de Edificaciones NBE-CPI/96 (Condiciones de Protección contra Incendios en Edificios). BOE de 29 de Octubre de 1996.
- Reglamento de Explosivos (Real Decreto 230/1998, 16 de Febrero).
- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Lugares de Trabajo

- Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE de 23 de Abril.
- Ley 50/1998 de 30 de Diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social (Art. 36) que modifica el Real Decreto 31/95.

Enfermedades Profesionales

- Real Decreto de 1995/1978 de 12 de Mayo. Cuadro de enfermedades profesionales. BOE de 25 de Agosto.
- Real Decreto 2821/1981 de 27 de Noviembre. Modifica el Real Decreto 1995/1978, BOE de 1 de Diciembre.

Manipulación Manual de Cargas

- Real Decreto 487/97 de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la Manipulación de Cargas, que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. BOE n ° 97, de 23 de Abril.

Máquinas

- Real Decreto de 1495/1986 de 26 de Mayo (BOE n° 173 del 21 de Julio) por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las Máquinas.

- Orden del 8 de Abril de 1991 (BOE nº 87 de 11 de Abril) “ por lo que se aprueba la instrucción Técnica Complementaria MSG-SM-1 del Reglamento de Seguridad en las Máquinas, referente a máquinas, elementos de máquinas o sistemas de protección, usadas”.
- Real Decreto 1435/1992 de 27 de Noviembre (BOE nº 297 de 11 de Diciembre) “por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas”.
- Real Decreto 56/1995 de 20 de Enero (BOE 33 de 8 de Febrero) por el que se modifica el Real Decreto 1435/1992.

Pantallas de Visualización de Datos

- Real Decreto 488/1997 de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización. BOE de 23 de Abril.

Señalización

- Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril sobre Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Norma 8.3.-IC, Señalización de obras en carreteras, de 31 de Agosto de 1987.

Ruido

- Real Decreto 286/2006, de 10 de Marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 212/2002, de 22 de Febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.
- Real Decreto 245/1989, de 27 de Febrero, en el que se establece la Regulación de la potencia acústica de maquinarias.
- Orden del Ministerio de Industria y Energía, del 17 de noviembre de 1989, en la que se modifica el Real Decreto 245/1989, de 27 de Febrero, “Complementa el Anexo I, adaptando la Directiva 89/514/CEE, del 2 de Agosto de 1989, referente a

la limitación sonora de palas hidráulicas, palas de cable, topadores, frontales, cargadoras y palas cargadoras”.

- Ley 37/2003, de 17 de Noviembre, del Ruido. (BOE de 18 de Noviembre de 2003).

Protecciones Personales

- Real Decreto 1407/1992 de 20 de Noviembre (BOE nº 311 del 28 de Diciembre) “por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual”
- Real Decreto 773/1997 de 30 de Mayo sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de protección Individual. (BOE nº 140, de 12 de Junio).
- Orden del 16 de Mayo de 1994. Modifica el período transitorio establecido por el Real Decreto 1407/1992, BOE del 1 de Junio.
- Real Decreto 159/1995 de 3 de Febrero. Modifica el Real Decreto 1407/1992. BOE de 8 de Marzo.
- Resolución de 25 de Abril de 1996, de la Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial, por la cual se publica a título informativo, información complementaria establecida por Real Decreto 1407/1992. BOE de 28 de Mayo.
- Diversas normas UNE en cuanto a ensayos, fabricación, adecuación del uso y catalogación de los equipos de protección individual.

Mutuas y Servicios de Prevención

- Real Decreto 39/1997 de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Orden de 22 de Abril de 1997, por la que se regula el régimen de funcionamiento en el desarrollo de actividades de prevención de riesgos laborales en las Mutuas de Accidentes de Trabajo. (BOE de 24 de Abril de 1997).
- Orden del 27 de Junio de 1997 por la que se desarrolla el Real Decreto 39/1997 de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con las condiciones de acreditación de las entidades especializadas como Servicios de Prevención.

- Real Decreto 780/1998 de 30 de Abril (BOE nº 104 de 1 de Mayo) por el que se modifica el Real Decreto 39/1997 del 17 de Enero y por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Resolución de 22/12/1998 de la S.E. de la Seguridad Social por la que se determinan los criterios a seguir en relación con la compensación de costes previstos en el artículo 10 de la orden de 22/4/97 por la que se regula el régimen de funcionamiento de las Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social, en el desarrollo de actividades de prevención de riesgos laborales. (BOE 9/1/99).
- Resolución de 5 de Agosto de 2003 de la Secretaría de Estado de la Seguridad Social por la que se aprueba el Plan General de Actividades Preventivas de la Seguridad Social a desarrolla por las Mutuas de Accidentes de Trabajo y enfermedades Profesionales de la Seguridad Social durante el período 2003 – 2005.

Inspección de Trabajo y Seguridad Social

- Resolución de 11 de Abril de 2006, de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, sobre el Libro de Visitas de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.
- Real Decreto 707/2002, de 19 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre el procedimiento administrativo especial de actuación de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social y para la imposición de medidas correctoras de incumplimientos en materia de prevención de riesgos laborales en el ámbito de la Administración General del Estado.
- Ley 42/1997, de 14 de Noviembre, ordenadora de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.
- Resolución de 18 de Febrero de 1998, de la Dirección General de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, sobre el libro de visitas de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.
- Real Decreto 138/2000 de 4 de Febrero por el que se aprueba el “Reglamento de Organización y Funcionamiento de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social”. BOE nº 40 Miércoles 6 de Febrero del 2000).
- Ley 8/1998 de 7 de Abril, sobre infracciones y sanciones en elorden social. BOE de 15 de Abril.

- Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20 de Junio. Texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. BOE de 29 de Junio).

Notificación de Accidentes

- Establecimiento de Modelos de Notificación de Accidentes de Trabajo. O.M. 16 de Diciembre de 1987. BOE 29 de Diciembre de 1987.
- Resolución de 26 de Noviembre de 2002, de la Subsecretaría, por la que se regula la utilización del Sistema de Declaración Electrónica de Accidentes de Trabajo que posibilita la transmisión por procedimiento electrónico de los nuevos modelos para la notificación de accidentes de trabajo, aprobados por la Orden TAS/2926/2002, de 19 de noviembre.
- O.M. TAS/2926/2002, de 19 de Diciembre, por la que se establecen nuevos modelos para la notificación de los accidentes de trabajo y se posibilita su transmisión por procedimiento electrónico.

ANEJO IX

“PRESUPUESTO”

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

CAPÍTULO 01 Excavacion

1.01 m3 EXCAVACION CON ROZADORA
1.001

Excavación de túnel en sección. por medios mecánicos. con carga directa sobre camión basculante de los productos resultantes de la excavación y con pp de medios auxiliares.	1,00	485,40	9,70	8,00	37.667,04				
							37.667,04	57,91	.181.298,29

TOTAL CAPÍTULO 01 Excavacion. 2.181.298,29
=====

PRESUPUESTO TFG

MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
CAPÍTULO 02 Emboquille									
2.01	m. BULON								
2.001									
	Bulón de diametro 32 mm incluso. equipo perforador. vainas. separadores. cabeza. inyección. mortero	660,00	5,00			3.300,00			
							3.300,00	27,28	90.024,00
2.02	m. Paraguas medio								
2.002									
	Micropilotes para paraguas medio de 9 metros de longitud de hormigón armado. incluso arriostramient	45,00	9,00			405,00			
							405,00	93,07	37.693,35
2.03	m3. HORMIGON PROYECTADO								
2.003									
	Gunitado con una dosificación de cemento de 300 kg/m³. incluso preparación de la superficie y demás		15,00	22,72	0,10	34,08			
							34,08	76,73	2.614,96
TOTAL CAPÍTULO 02 Emboquille.....									130.332,31
=====									

PRESUPUESTO TFG

MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

CAPÍTULO 03 Sostenimiento**3.01 m. BULON**

3.001

Bulón de redondo de diámetro 25 mm. incluso suministro de barra. perforación y colocación de todos	.460,00	3,20				20.672,00			
							20.672,00	27,28	563.932,16

3.02 m2. MALLAZO 150 X 150 X 6 TOTALMENTE COLOCADO

3.002

Mallazo de acero corrugado AEH-400N con unión de alambre recocido de 1.3 mm. de dimensiones 150x150	1,00	455,40	22,72			10.346,69			
							10.346,69	12,83	132.748,03

3.03 m3. HORMIGON PROYECTADO

3.003

Hormigón proyectado HP-30/P/20. incluso vertido con robot gunitador. totalmente colocado.	1,00	455,40	22,72	0,20		2.069,34			
							2.069,34	76,73	158.780,46

3.04 m. CERCHAS TH-29

3.004

Cercha deslizante de perfil TH de 29 kg/m con un perímetro de 22 m. colocada con 2 bridas	485,00	22,72				11.019,20			
							11.019,20	64,95	715.697,04

TOTAL CAPÍTULO 03 Sostenimiento. 1.571.157,69

=====

PRESUPUESTO TFG

MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

CAPÍTULO 04 Revestimiento

4.01 m2. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

4.001

Encofrado para hormigon visto. y posterior desencofrado en tunel completamente ejecutado	1,00	485,40	22,72		11.028,29				
							11.028,29	134,61	.484.518,12

4.02 m3. HORMIGON EN MASA

4.002

Hormigon tipo HM-30/P/20/IIa en revestimiento de hastiales y boveda de tunel. incluyendo carretón el	1,00	485,40	22,72	0,30	3.308,49				
							3.308,49	112,44	372.006,62

4.03 m2. geotextil

4.003

Lámina de impermeabilización geotextil de drenaje. totalmente colocado en túnel.	1,00	485,40	22,72		11.028,29				
							11.028,29	12,94	142.706,07

TOTAL CAPÍTULO 04 Revestimiento. 1.999.230,81

=====

PRESUPUESTO TFG

MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

CAPÍTULO 05 Red de saneamiento

5.01 m. TUBERIA PVC TEJA SN-4 S/SOLERA 110

5.001

m. Tubería de PVC para saneamiento colocada sobre solera de hormigon HM-20 y cama de arena con pendi	1,00	485,40				485,40			
							485,40	19,88	9.649,75

5.02 ud. ARQUETA POLIPROPILENO 40 X 40 cm

5.002

ud. Arqueta de Polipropileno de 40x40x40. incluso colocada sobre solera de HM-20 de 10 cm y acoplada	24,00					24,00			
							24,00	48,63	1.167,12

5.03 m. CUNETA DE HORMIGÓN IN SITU 1 m ANCHO

5.003

	2,00	485,40				970,80			
							970,80	23,39	22.707,01

TOTAL CAPÍTULO 05 Red de saneamiento33.523,88

=====

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
CAPÍTULO 06 Iluminación									
6.01	Ud. TUNLITE LED								
6.001									
	Ud. TunLite LED. incluso replanteo. montaje. pequeño material y conexionado.	190,00				190,00			
							190,00	20,03	3.805,70
TOTAL CAPÍTULO 06 Iluminación									3.805,70
=====									

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

CAPÍTULO 07 Ventilación

7.01	Ventilador JZ 16-86/6								
7.001									
	Ventilador ZITRON modelo JZ 16-86/6 con un empuje nominal de 2633 N. incluso elementos de sujección	1,00				1,00			
							1,00	11.875,00	11.875,00
TOTAL CAPÍTULO 07 Ventilación									11.875,00
=====									

PRESUPUESTO TFG

RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

Código	Capítulo	Total €	
01	Excavacion.	2.181.298,29	37%
02	Emboquille.	130.332,31	2%
03	Sostenimiento.	1.571.157,69	26%
04	Revestimiento.	1.999.230,81	34%
05	Red de saneamiento.	33.523,88	1%
06	Iluminación.	3.805,70	0,1%
07	Ventilación.	11.875,00	0,2%
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.		5.931.223,68	
13 % Gastos Generales.		771.059,08	
6 % Beneficio Industrial.		355.873,42	
Suma.		7.058.156,18	
21 % I.V.A. de Contrata.		1.482.212,80	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN.		8.540.368,98	

=====

23 de Mayo de 2018

ANEJO X “PLANOS”

2

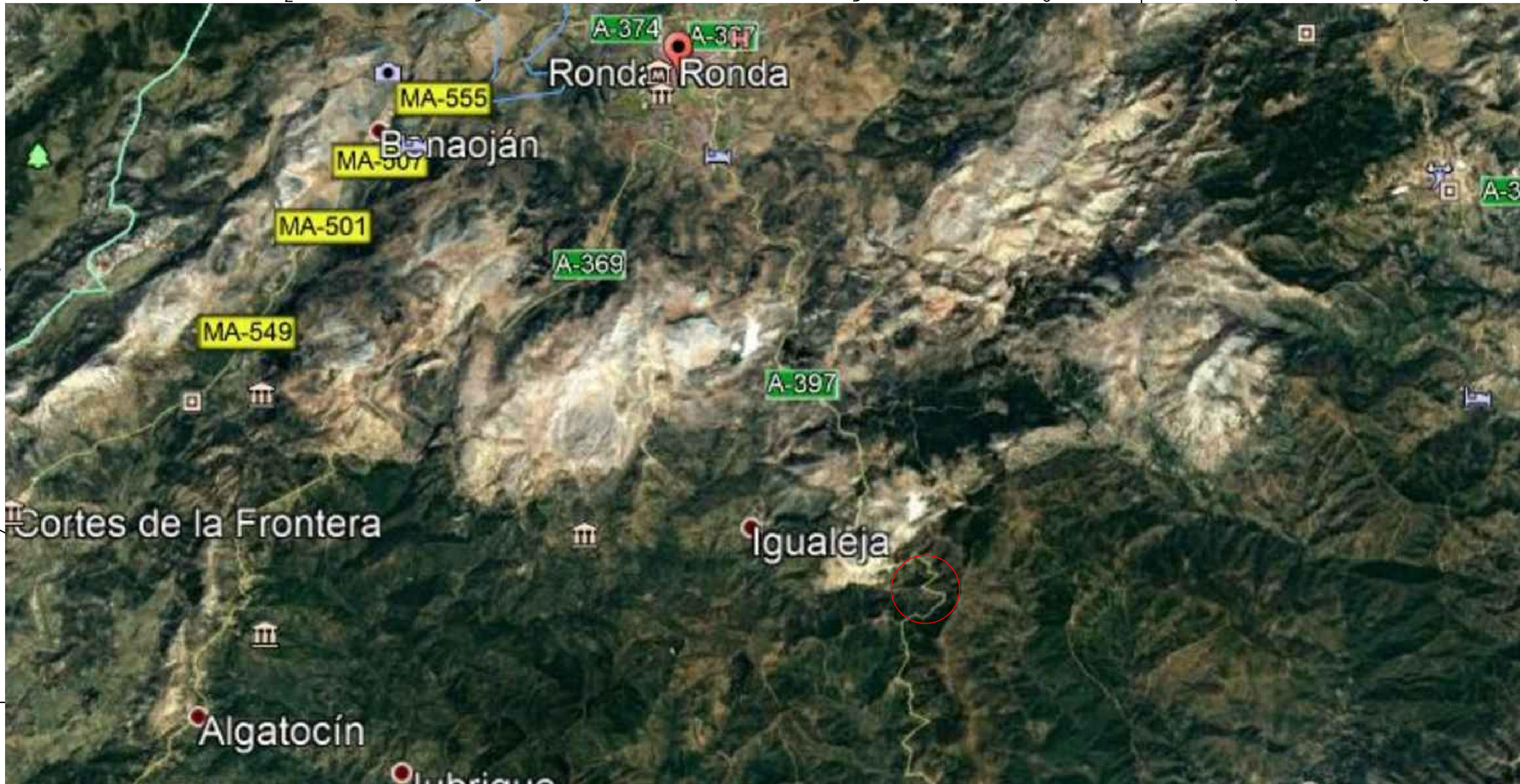
3

5

6

7

8



B

B

D

D



UNIVERSIDAD DE JAÉN



SCU PO C C SUP RIOR D R S

proyecto de tunel en carretera de ronda A-397

Escala
1:10000

Fecha

Fde: Bar olomé aley

Nº de plano

6

8

21



2

3

5

6

7

8

B

C

D

B

C

D

A-397

P. 2 800

P. 22 285



UNIVERSIDAD DE JAÉN



SCU PO C C SUP RIOR D R S

proyecto de tunel en carretera de ronda A-397

m mi

Escala
1:10000

Fecha

Fde: Bar olomé aley

Nº de plano

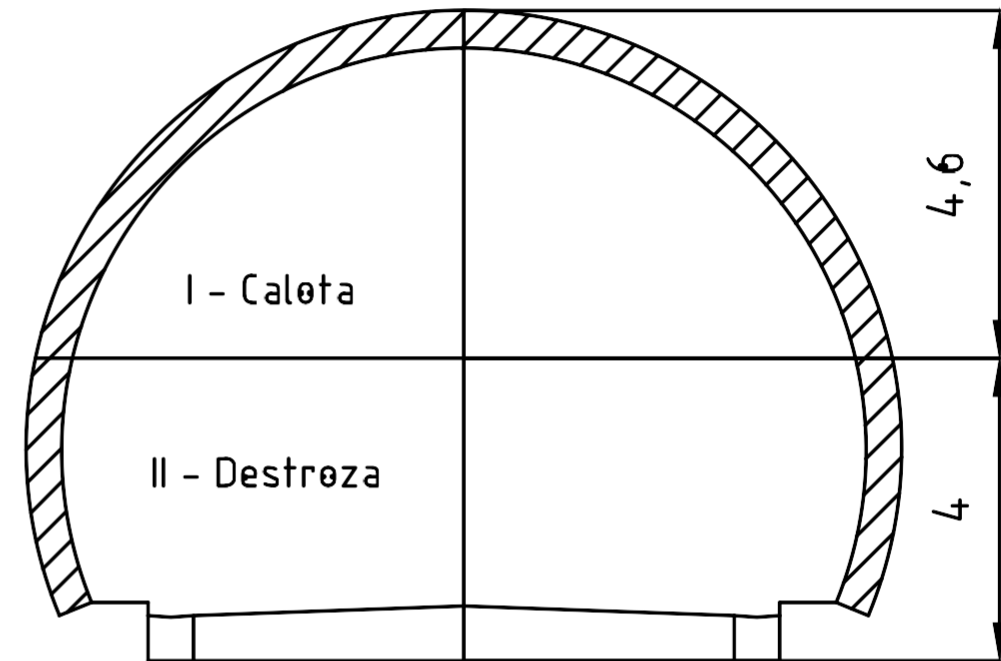
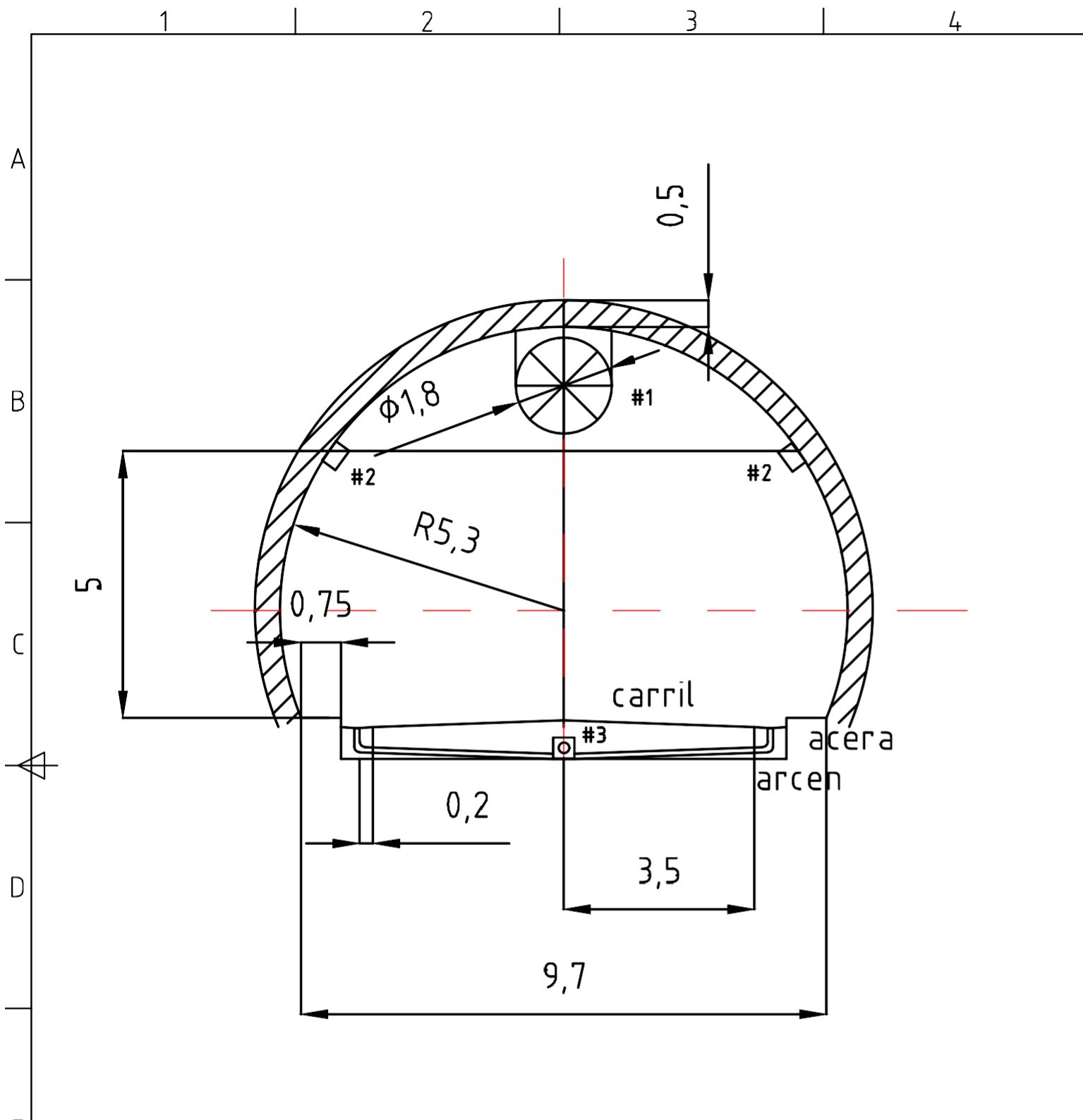
6

8

2

3

7



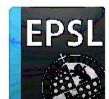
#1 sistema de ventilación soplante con ventiladores colocados en serie.

#2 sistema de iluminación colocados cada 5 metros alternándose en cada lado del túnel.

#3 arqueta para recolección de aguas con tubería de $\phi 100$ colocada cada 20 metros



UNIVERSIDAD DE JAÉN



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

proyecto de tunel en carretera de ronda A-397

plano de seccion del tunel y fases de excavación

Escala

1:100

Fecha

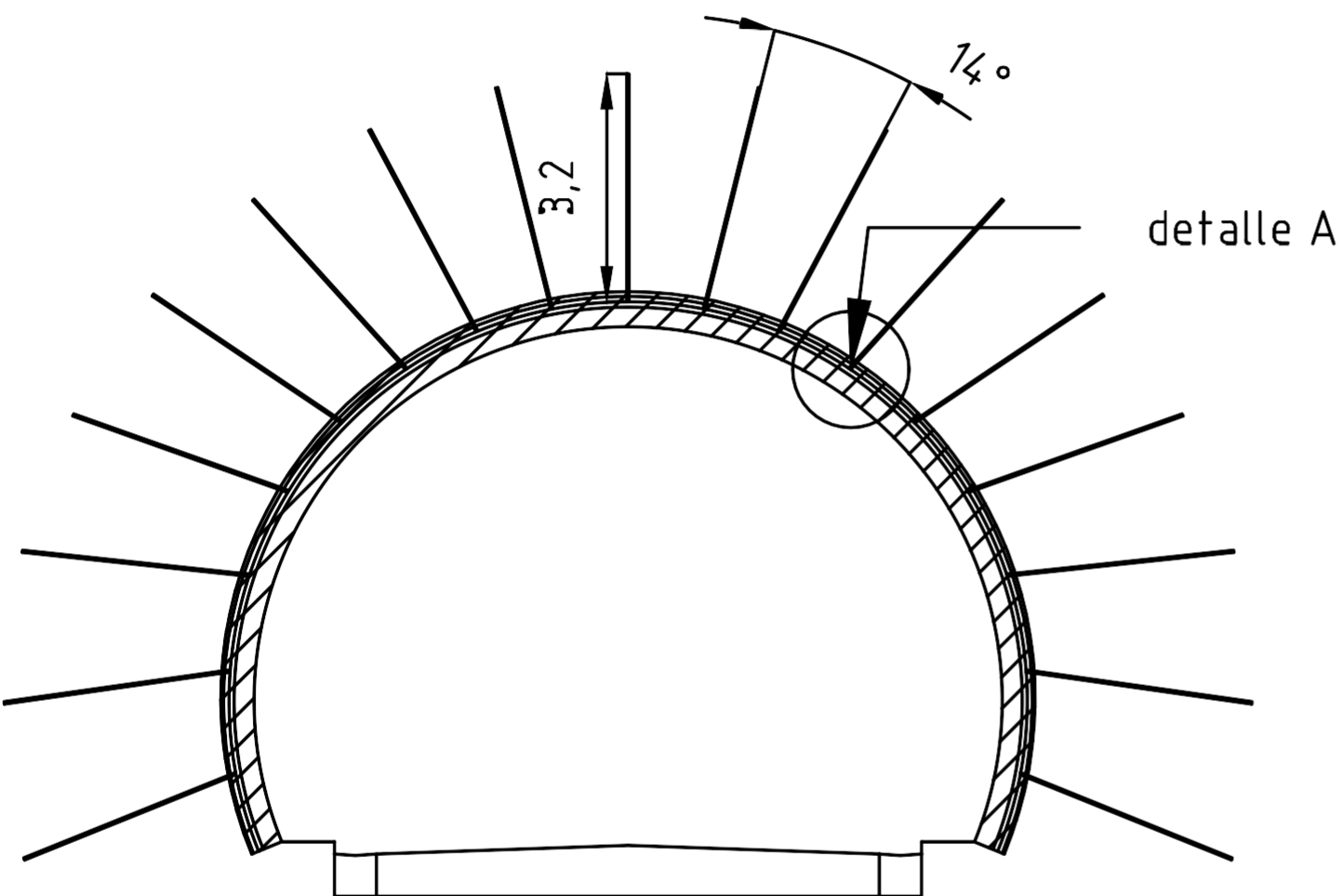
16/05/2018

Fde.

Bartolomé Galey Fernández

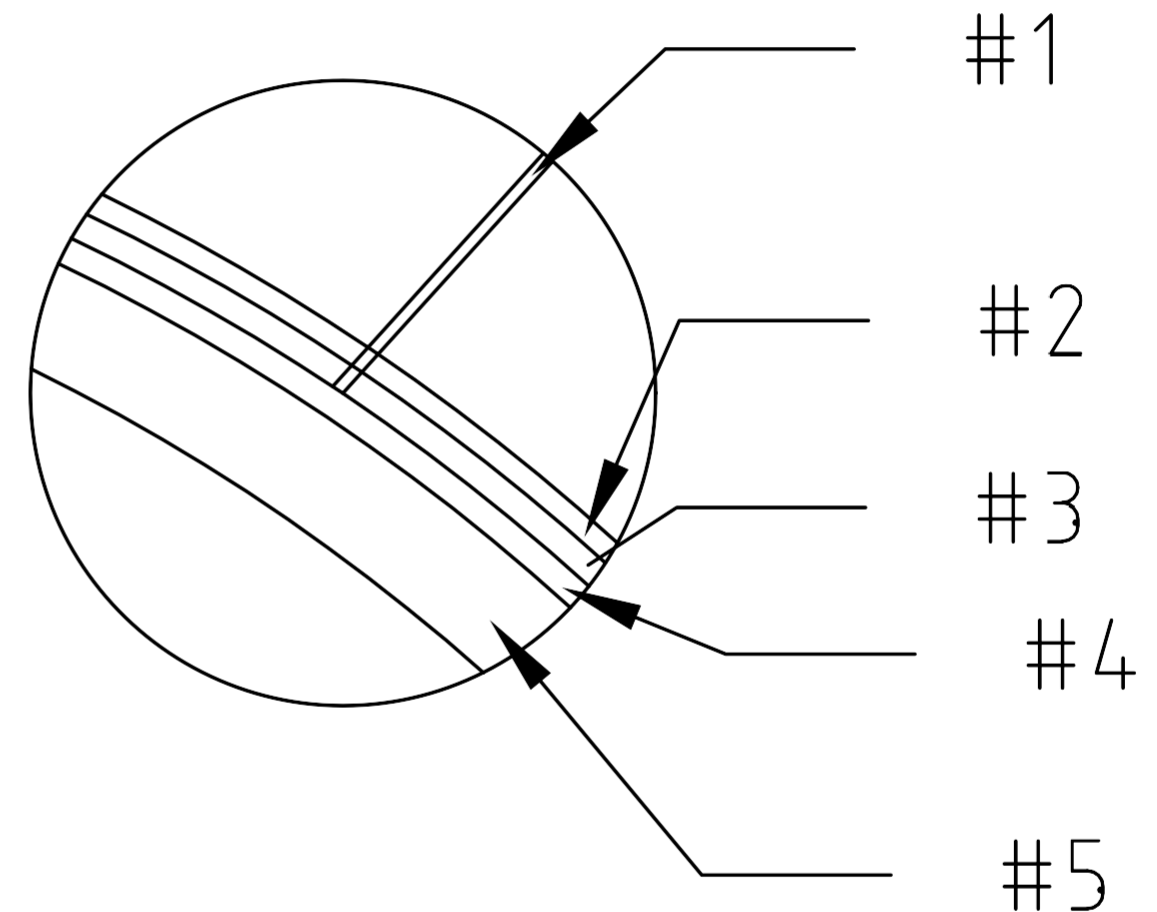
Nº de plano

3



detalle A

escala 1:25



#1 taladro ϕ 32 cm y ϕ 25 del bulon.

#2 capa de sellado de gunitado de 5 cm.

#3 colocacion de mallazo y cerchas TH-29.

#4 2 capas de gunitado de 7.5 cm cada una.

#5 capa impermeable y posterior revestimiento de 30 cm de hormigón con carro encofrador.



UNIVERSIDAD DE JAÉN



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

proyecto de tunel en carretera de ronda A-397

plano de sostenimiento y revestimiento

Escala
1:100

Fecha
16/05/2018

Fde. Bartolomé Galey Fernández

Nº de plano
4