



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN TÚNEL CARRETERO EN LA N-621 ENTRE ASTURIAS Y CANTABRIA

Alumno: María Dolores Milla Rosales

Tutor: Prof. D. Juan Miguel Martínez López

Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Septiembre 2017



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**PROYECTO DE
CONSTRUCCIÓN DE UN TÚNEL
CARRETERO EN LA N-621
ENTRE ASTURIAS Y
CANTABRIA**

D. Juan Miguel Martínez López, tutor del Trabajo Fin de Grado "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN TÚNEL EN LA N-621 ENTRE ASTURIAS Y CANTABRIA", que presenta la alumna María Dolores Milla Rosales, da su visto bueno para la defensa y evaluación del citado trabajo en la Escuela Politécnica Superior de Linares.

Linares, Septiembre 2017

EL ALUMNO:

EL TUTOR:

ÍNDICE

MEMORIA

1. Introducción.....	12
2. Objeto de estudio.....	15
3. Antecedentes.....	16
4. Situación geográfica.....	17
5. Descripción del proyecto.....	22
5.1. Descripción general de la obra.....	22
5.2. Características geométricas de la obra.....	23
5.2.1. Introducción.....	23
5.2.2. Descripción general del trazado.....	23
5.2.3. Geometría de la sección del túnel.....	23
5.2.3.1. Sección transversal.....	23
5.2.3.2. Gálibo.....	27
5.3. Estudio del tráfico.....	28
6. Geología.....	30
6.1. Estratigrafía.....	31
7. Flora.....	36
8. Fauna.....	38
9. Hidrogeología.....	39
9.1. Climatología.....	41
10. Geotecnia.....	42
10.1. Clasificaciones geomecánicas.....	42
10.1.1. Clasificación por Beniaowski.....	43
10.1.2. Clasificación por Barton.....	46
11. Sistemas de excavación.....	47
11.1. Método de excavación mediante el RMR.....	47
11.2. Método de excavación mediante el Diagrama de Gehring.....	48
11.2.1. Resistencias mecánicas.....	48
11.2.2. Abrasividad Cerchar.....	49
12. Maquinaria, avance óptimo y rozabilidad.....	52
12.1. Maquinaria.....	52
12.1.1. Potencia de la rozadora.....	52

12.1.2. Modelo de rozadora.....	53
12.2. Avance óptimo.....	56
12.2.1. Coeficiente de eficiencia, C_E	56
12.2.2. Rendimiento instantáneo de excavación, R_I	57
12.2.3. Número de horas trabajadas al día, n	57
12.2.4. Coeficiente de tiempo disponible para el rozado, C_D	57
12.2.5. Cálculo del avance diario.....	58
12.2.5.1. Recomendaciones sobre la partición de la sección.....	59
12.3. Rozabilidad.....	59
13. Emboquille.....	62
13.1. Paraguas de micropilotes.....	65
13.2. Corona de bulones.....	66
13.3. Hormigón proyectado.....	67
13.4. Red/Mallazo.....	68
14. Sostenimiento.....	69
14.1. Teorías clásicas y modernas de cálculo y dimensionamiento.....	69
14.2. Métodos empíricos de Bieniawski y Romana.....	70
14.3. Sistema Barton.....	75
14.3.1. Índice Q mediante el mapa de peligrosidad sísmica.....	76
14.3.2. Índice Q mediante la ecuación.....	77
14.3.3. Ábaco de Barton.....	77
14.4. Hormigón proyectado.....	81
14.5. Bulones.....	81
14.6. Cerchas.....	82
14.7. Mallazo.....	82
15. Revestimiento.....	83
16. Ventilación.....	86
16.1. Caudal necesario en la construcción de túneles.....	87
16.2. Tipos de sistemas de ventilación.....	87
16.2.1. Ventilación soplante.....	87
16.2.2. Ventilación aspirante.....	88
16.2.3. Ventilación por aspiración e impulsión sucesivas.....	89
16.2.4. Ventilación aspirante y soplante simultáneas.....	90
16.3. Elección del sistema de ventilación.....	91

16.4. Cálculo del caudal de aire necesario.....	91
16.4.1. Dilución de los gases de escape de los motores diesel.....	91
16.4.2. Ventilación del polvo.....	93
16.4.3. Ventilación total resultante.....	94
16.4.4. Caudal de aire para la respiración del personal.....	94
16.4.5. Caudal de aire para mantener la velocidad de la corriente de retorno en la galería.....	95
16.5. Cálculo de la potencia del sistema de ventilación.....	95
16.5.1. Resistencia aerodinámica en el túnel.....	96
16.5.2. Resistencia aerodinámica en la tubería.....	99
16.5.3. Resistencia aerodinámica en singularidades.....	100
16.6. Cálculo de la potencia necesaria para la ventilación de túneles en construcción.....	102
17. Sistema de desagüe.....	105
18. Electrificación.....	106
19. Iluminación.....	109
20. Medidas de seguridad. Equipos de protección personal.....	110
21. Bibliografía.....	111
 ANEJO I. ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	 113
ANEJO II. MAQUINARIA.....	119
ANEJO III. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	128
ANEJO IV. LEGISLACIÓN.....	139
ANEJO V. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	143
ANEJO VI. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	222
ANEJO VII. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.....	229
ANEJO VIII. PRESUPUESTO.....	245
ANEJO IX. PLANOS.....	254

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Mapa de España con localización de Cantabria y Asturias.
- Figura 2: Mapa de Cantabria y Asturias. Localización de la frontera.
- Figura 3: Mapa de Panes y Unquera.
- Figura 4: Buelles y San Pedro de las Baheras.
- Figura 5: Puntos Kilométricos y trazado del túnel.
- Figura 6: Boca de entrada sur del túnel.
- Figura 7: Boca de salida norte del túnel.
- Figura 8: Perfiles autopista interurbana. Túneles unidireccionales.
- Figura 9: Perfiles autopista urbana. Túneles unidireccionales.
- Figura 10: Perfiles carretera interurbana. Túneles bidireccionales.
- Figura 11: Perfil número nueve (CETU).
- Figura 12: Datos de tráfico N-621.
- Figura 13: Hoja del tramo Buelles-San Pedro de las Baheras.
- Figura 14: Materiales de la zona numerados.
- Figura 15: Leyenda del Terciario.
- Figura 16: Leyenda del Cretácico.
- Figura 17: Leyenda desde el Cámbrico al Carbonífero.
- Figura 18: Mapa geológico de la zona.
- Figura 19: Mapa de situación de los sistemas acuíferos. Zona de Llanes
- Figura 20: Leyenda mapa de situación de los sistemas acuíferos
- Figura 21: Diagrama de Gehring
- Figura 22: Modelo rozadora Sandvik MR240X
- Figura 23: Ábaco coeficiente de desgaste
- Figura 24: Zonas del emboquille
- Figura 25: Paraguas de micropilotes 1
- Figura 26: Paraguas de micropilotes 2
- Figura 27: Corona de bulones
- Figura 28: Hormigón proyectado en puntos específicos del talud
- Figura 29: Mapa peligrosidad sísmica de España
- Figura 30: Ábaco de Barton
- Figura 31: Carretón electrohidráulico
- Figura 32: Ventilación soplante

Figura 33. Ventilación aspirante

Figura 34. Tubería flexible semirrígida utilizada

Figura 35. Ventilación mixta

Figura 36. Sistema de ventilación soplante

Figura 37. Potencia de la máquina-Caudal del aire

Figura 38. Labores de desescombro que producen polvo

Figura 39. Variación del coeficiente de pérdida de carga con el Número de Reynolds

Figura 40. Curvas características del túnel y el ventilador (T-V)

Figura 41. Sistema de drenaje con arqueta

Figura 42. Esquema instalación eléctrica

Figura 43. Iluminación del túnel

Figura 44. Partes de las rozadoras

Figura 45. Modelo de rozadora

Figura 46. Modelo de retroexcavadora

Figura 47. Modelo de pala cargadora

Figura 48. Modelo de Dúmpster

Figura 49. Modelo de gunitadora

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: IMD y accidentes en la N-621
Tabla 2: Clasificación de Índice de Riesgo
Tabla 3: Clasificación geomecánica por Bieniawski. Obtención del RMR
Tabla 4: Clasificación geomecánica por Bieniawski
Tabla 5. Clasificación geomecánica por Romana
Tabla 6. Clasificación geomecánica por Barton
Tabla 7. Recomendaciones, partición y excavación
Tabla 8. Resistencia mecánica
Tabla 9. Abrasividades
Tabla 10. Resistencia de la roca-Potencia de la cabeza de corte
Tabla 11. Características necesarias de la rozadora
Tabla 12. Características de la rozadora
Tabla 13. Coeficiente de eficiencia
Tabla 14. Rendimiento instantáneo de excavación
Tabla 15. Rendimiento instantáneo de rozado
Tabla 16. Tipo de roca
Tabla 17. Clasificación de rozabilidad
Tabla 18. Tratamiento del talud frontal de Romana
Tabla 19. Calidad macizos rocosos según Bieniawski
Tabla 20. Calidad macizos rocosos según Romana
Tabla 21. Sostenimiento a partir del índice RMR de Bieniawski
Tabla 22. Sostenimiento a partir del índice RMR de Romana
Tabla 23. RMR utilizado para sostenimiento
Tabla 24. Índice Q según la zona sísmica
Tabla 25. Parámetro ESR
Tabla 26. Sostenimiento según Barton
Tabla 27. Concentraciones de gases peligrosos admisibles
Tabla 28. Coeficiente de pérdida de carga de las paredes
Tabla 29. Coeficiente de pérdida de carga del suelo
Tabla 30. Coeficiente de pérdida de carga en tuberías
Tabla 31. Coeficientes de fricción de las singularidades
Tabla 32. Equipos del exterior

Tabla 33. Equipos del interior
Tabla 34. Cuadro general de cotas y profundidad de reconocimiento
Tabla 35. Parámetros geotécnicos
Tabla 36. Características fundamentales rozadora
Tabla 37. Características fundamentales retroexcavadora
Tabla 38. Características fundamentales pala cargadora
Tabla 39. Características fundamentales Dúmper
Tabla 40. Características fundamentales gunitadora
Tabla 41. Medidas preventivas y protecciones técnicas previstas
Tabla 42. Medidas 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. Introducción

El presente proyecto va a tratar sobre la ejecución de un túnel carretero en la zona norte de España para mejorar la Carretera Nacional 621, atravesando la frontera de Asturias y Cantabria. El túnel se encuentra ubicado entre las localidades de Buelles (Asturias) y San Pedro de las Baheras (Cantabria).

La carretera N-621 comienza en las comunidades autónomas de Castilla y León, siguiendo por Asturias y finalizando en Cantabria. Esta vía es considerada como la segunda de Asturias que mayor riesgo entraña para los conductores debido a que entre todo este recorrido existe un tramo entre Panes (Asturias) y Unquera (Cantabria) de 12,5 kilómetros que es muy peligroso. Dentro de este tramo se encuentra el trayecto de Buelles a San Pedro de las Baheras con unos 2,8 kilómetros de distancia entre sí.

Según un informe de la European Road Assessment Programme (EuroRAP) en el que ha participado el Real Automóvil Club de España (RACE), durante el año 2012 estos 12.500 metros de asfalto por los que circulan una media diaria de 3.784 vehículos se han registrado un total de cuatro accidentes graves, dos de ellos mortales, con un balance de tres personas fallecidas y otras cinco heridas de gravedad, como puede apreciarse en la tabla 1.

PRINCIPADO DE ASTURIAS										
Carretera	Pki	Pkf	Provincia	Inicio	Final	Accidentes Mortales	Accidentes Graves	Muertos	Heridos graves	IMD Media
N-632	53,4	65	ASTURIAS	PRINCIPIO Z. U. DE VENTA LAS RANAS	ENLACE PILES	0	5	0	5	2.159
N-621	176,3	188,8	ASTURIAS	FIN Z.U. PANES	CRUCE N-634 (Unquera)	2	4	3	5	3.784
A-8	481,5	484,3	ASTURIAS	ENLACE PIÑERA	ENLACE NAVIA	0	3	0	4	8.512

Tabla 1. IMD y accidentes en la N-621

Estos siniestros le han valido a este tramo de carretera a ser considerado uno de los más conflictivos de Asturias con un nivel de peligrosidad medio-alto.

A continuación, en la tabla 2, se expone la clasificación del Índice de Riesgo en función del tipo de intersecciones.

Índice de Riesgo	Al mismo nivel		A distinto nivel	
	Nº tramos	%	Nº tramos	%
Bajo	173	24,44%	312	63,29%
Bajo-medio	396	55,93%	169	34,28%
Medio	113	15,96%	5	1,01%
Medio-alto	24	3,39%	6	1,22%
Alto	2	0,28%	1	0,20%
TOTAL	708	100%	493	100%

Tabla 2. Clasificación del Índice de Riesgo

Como puede observarse en la tabla 2, la carretera donde se situará el túnel tiene un ratio de accidentes calificado como “Medio-Alto”. Este ratio mide la probabilidad de sufrir un accidente mortal o con heridos graves, en función del tramo y de la intensidad media diaria del tráfico (IMD).

La realización del túnel viene motivada para solventar todos los problemas anteriormente citados.

Por otra parte existe una cantera en el tramo, denominada “Cantera San Pedro Las Bejeras”, justo al finalizar el trazado del túnel en dirección a San Pedro de las Baheras. Esta cantera está en desuso y, debido a la extracción de material que se realizó en ella, aporta un fuerte impacto visual a la zona. Por ello se va a utilizar el movimiento de tierras generado por la excavación del túnel, como reforma del paisaje de la zona de la cantera para disminuir al máximo el impacto visual.

La construcción de este túnel proporcionará las siguientes ventajas:

- Se mejora el tramo de montaña de la N-621 que queda dentro del trayecto anteriormente mencionado entre Buelles y San Pedro de las Baheras.
- Se disminuye al máximo posible la peligrosidad de dicho tramo pues se sustituye una curva peligrosa, pronunciada y con poca visibilidad, por un trazado recto debido a la construcción del túnel.
- Se conseguirá un cierto ahorro de tiempo y de combustible puesto que el trayecto es más rápido y de menor longitud.
- Se reformará la zona donde se encontraba la cantera y, por esto, se reducirá al máximo el impacto visual que ésta tenía.

Tomando como base las normas del trazado existente, la geometría y desarrollo exacto del túnel vienen impuestos y definidos, así como el método de excavación y sostenimiento más adecuados, de acuerdo con el estudio que se llevará a cabo a lo largo del proyecto.

2. Objeto de Estudio

Se han descrito estudios geológicos y geotécnicos del macizo rocoso de la zona para poder caracterizar los materiales a atravesar.

Tomando como base las normas de trazado existentes, el proyecto define la geometría del túnel, así como el método de excavación y sostenimiento más adecuados.

Para la definición del método de excavación y sostenimiento se utilizan los métodos empíricos de clasificación geomecánica del macizo rocoso de Bieniaswki (1989) y Romana (2000).

El método de excavación empleado es el de excavación por medios mecánicos mediante rozadora en la totalidad del túnel.

Se calculan las necesidades de ventilación, electrificación, maquinaria, revestimiento y desagüe de aguas, así como todos los servicios auxiliares necesarios.

En este proyecto se realizará una descripción de las conclusiones del presupuesto, desde un punto de vista amplio y generalista.

Una parte importante de este tipo de obras, como se ha dicho anteriormente, es el conocimiento exhaustivo del terreno que se lleva a cabo mediante un Estudio geotécnico.

También se incluyen el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y los Planos necesarios para la correcta interpretación del proyecto.

Dichos planos son el Plano de Situación y emplazamiento, el Plano de Definición de la sección del túnel y fases de excavación y, por último, el Plano del Detalle del sostenimiento.

3. Antecedentes

La realización del túnel en la ubicación entre Buelles (Asturias) y San Pedro de las Baheras (Cantabria) viene motivada por una curva en cuestión en la cual se han producido accidentes, algunos de los cuales mortales. Es una curva muy pronunciada y extensa, con muy poca visibilidad.

En la construcción del túnel se va a realizar un trazado recto, con lo que se va a conseguir una mayor seguridad de los conductores, un cierto ahorro de carburante y también de tiempo, y en general, se va a aportar una mejor a la carretera N-621.

Por otra parte, como se ha mencionado anteriormente, existe una cantera que se encuentra en desuso y ésta va a servir como zona donde se va a depositar el movimiento de tierras generado en la excavación del túnel.

Esto genera dos ventajas, por una parte el volumen de tierras de la excavación del túnel no va a tener que trasladarse al vertedero, es decir, se va a ahorrar tanto el coste del transporte a vertedero como el tiempo de ejecución de éste. La segunda ventaja es el impacto visual mencionado en el anterior apartado. Una cantera genera un gran impacto visual debido a los trabajos de extracción de material que se realizan y, con la ejecución del túnel, se va a poder reformar la cantera reduciendo al mínimo el impacto visual que ocasionaba en la zona.

Por todos estos razonamientos, se considera la construcción del túnel una solución óptima para el tramo elegido.

4. Situación geográfica

El túnel se ubica en la zona norte de España, en la frontera entre Asturias y Cantabria, entre Panes y Unquera, más específicamente comienza en Buelles (Asturias) y termina en San Pedro de las Baheras (Cantabria), sin llegar a estar dentro de ninguna de estas dos localidades puesto que se ubica en la carretera N-621.

A continuación las figuras 1, 2 muestran la localización general del túnel.



Figura 1. Mapa de España con localización de Cantabria y Asturias

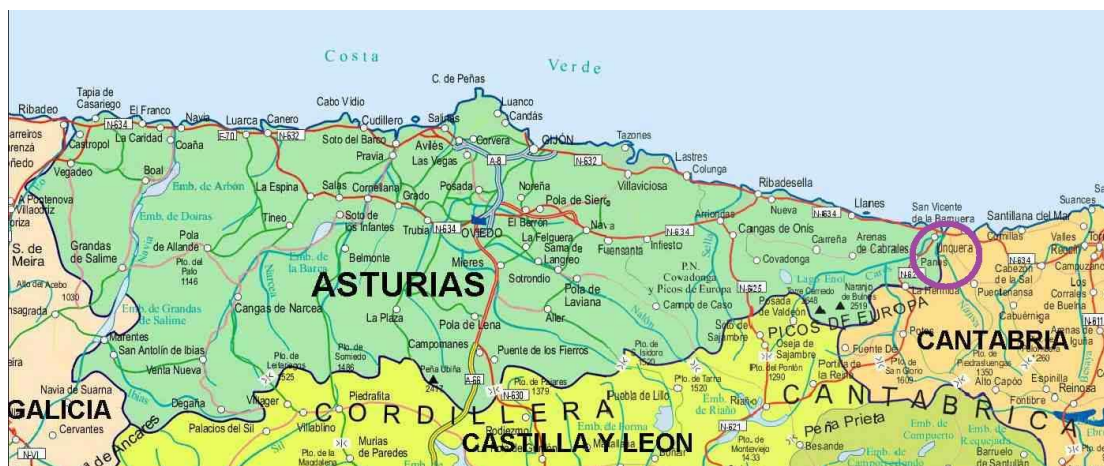


Figura 2. Mapa de Asturias y Cantabria. Localización de la frontera

Como se mencionó anteriormente, el tramo de Buelles a San Pedro de las Baheras (2,8 km entre sí) se ubicaba dentro del tramo de Panes a Unquera (12,5 km entre sí). En la figura 3 se puede observar el tramo entre Panes y Unquera de la N-621. Por otro lado, en la figura 4 se muestra el tramo de Buelles a San Pedro de las Baheras en el que se puede apreciar que el túnel discurre específicamente por la frontera de las comunidades de Asturias y Cantabria.



Figura 3. Mapa de Panes y Unquera



Figura 4. Buelles y San Pedro de las Baheras

Con la ayuda del Instituto Geográfico Nacional se ha podido obtener la información de las coordenadas UTM, los Puntos Kilométricos y la longitud de nuestro túnel.

A continuación, en la figura 5, se muestra el trazado del túnel.

El túnel comenzaría en el Punto Kilométrico 182 hasta el 183.

La ubicación de la boca de entrada, situada en Buelles, se localizada en coordenadas UTM:

- X: 375.407,9
- Y: 4.799.509,180
- Cota: 29 msnm

La ubicación de la boca de salida, situada en San Pedro de las Baheras, se localiza en coordenadas UTM:

- X: 375.654,92
- Y: 4.800.217,13
- Cota: 67 msnm

La longitud del túnel es de 767,97 metros y tiene una pendiente del 3.16%.

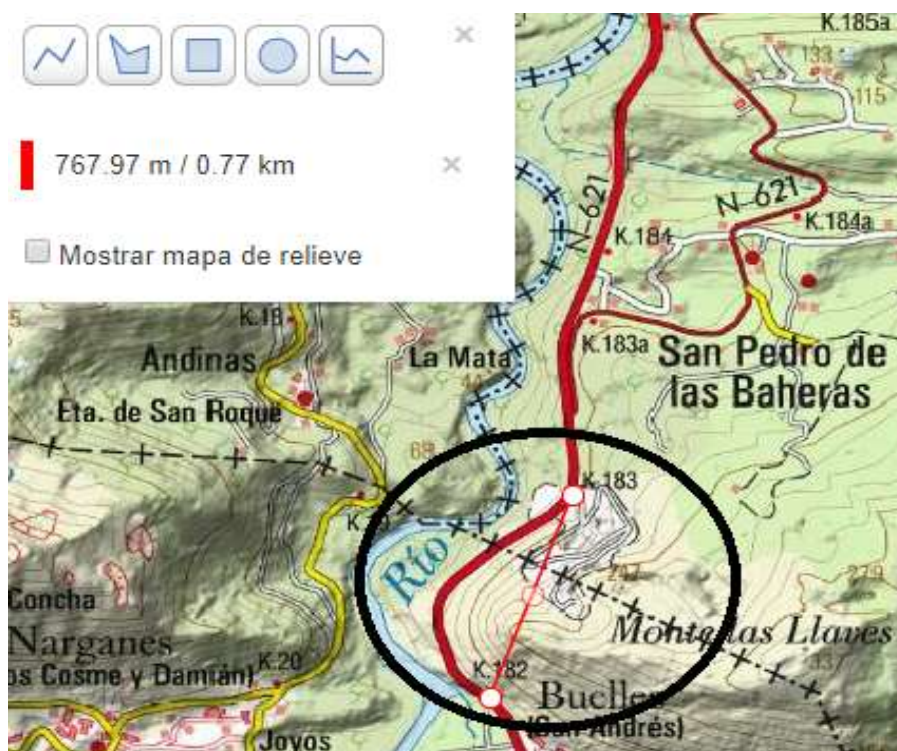


Figura 5. Puntos kilométricos y trazado del túnel

Como puede apreciarse en la figura 5, la boca de salida del túnel se encuentra justo en zona donde la carretera N-621 se cruza con la cantera, en el PK 183. A continuación se muestra la boca sur y la boca norte del túnel en las figuras 6 y 7 respectivamente.

En la boca sur (figura 7) se ve aún más claro que la boca sur del túnel se encuentra en la pared de la cantera, la cual atravesaría.



Figura 6. Boca sur del túnel



Figura 7. Boca norte del túnel

La orientación de las bocas del túnel son sur y norte, lo que hace posible la construcción de éste por un motivo fundamental: si las orientaciones son por el este o por el oeste, no sería posible la realización del túnel porque el sol sale por el este y se pone por el oeste, es decir, el sol deslumbraría a los conductores, con lo cual sería riesgoso y habría posibilidad de accidentes. Por ello, es un aspecto que hay que tener en cuenta y, en el caso de este túnel no conlleva ningún problema.

5. Descripción del proyecto

5.1. Descripción general de la obra

En el presente proyecto trataremos la construcción de un túnel carretero como mejora de la carretera N-621 a su paso por las poblaciones de Buelles y San Pedro de las Baheras, dentro de las comunidades de Asturias y Cantabria, al norte de España, atravesando la frontera de dichas comunidades.

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

Posteriormente a esto, se inicia la excavación del túnel mediante rozadoras y el consiguiente sostenimiento. Se tiene previsto la ejecución de la excavación en dos fases: calota y destroza.

Cada 3 m de excavación se procede al sostenimiento de la zona excavada, alternándose estas operaciones. Al realizarse en dos fases primero se ejecuta el avance o calota, de aproximadamente 15 a 20 metros de excavación. Tras esto, se procede a la excavación de la destroza y así sucesivamente.

El sostenimiento se ejecutará a base de bulones, hormigón proyectado, cerchas metálicas y todos aquellos sistemas necesarios para la correcta seguridad y funcionalidad del túnel.

Después de ejecutar la excavación y el sostenimiento del túnel, se ejecutará la contrabóveda a base de una losa de hormigón armado, en la que se dispondrán todos los sistemas de canalización de aguas y drenaje de éstas.

Más tarde se procede a la impermeabilización del túnel mediante la colocación de una doble lámina de geotextil y PVC.

Una vez impermeabilizado el túnel se ejecuta el revestimiento. Para ello se utiliza un carro de avance que se desliza sobre unos carriles dispuestos en la banqueta previamente hormigonada sobre la contrabóveda. Una vez colocado este carro de avance se procede al hormigonado entre el encofrado y las láminas de impermeabilización de modo simétrico para compensar las cargas que el hormigón traslada al terreno y carro de avance. Este hormigonado se ejecuta con hormigón de alta resistencia inicial para poder avanzar al día siguiente en esta tarea.

Por último se ejecutan la superestructura y las instalaciones.

5.2. Características geométricas de la obra

5.2.1. Introducción

En este punto se tratan los diferentes aspectos del diseño geométrico del túnel, el cual es de gran importancia, tanto desde el punto de vista del usuario de la carretera, como desde el punto de vista de la construcción y del mantenimiento del túnel.

Generalmente el trazado en planta y alzado del túnel dependen del trazado del resto de la carretera y de las características de ésta, con la que tiene que mantener una cierta homogeneidad, y suele ser más bien un parámetro de entrada al diseño del túnel que al resultado de éste.

El diseño geométrico se basa generalmente en la experiencia de túneles anteriores, a partir de los que se han obtenido una serie de recomendaciones de tipo general, que son las que se incluyen en este apartado. No obstante, cada caso concreto puede tener unas particularidades que condicionan una determinada solución, que puede llegar a ser, incluso, contraria a las recomendaciones generales.

5.2.2. Descripción general del trazado

El trazado de estudio discurre por la carretera Nacional 621, entre los puntos kilométricos 182 y 183, donde se pretende excavar un túnel con una sección de 61,14 m² y una longitud de 767,97 m. Este tramo se encuentra en Buelles y atraviesa la frontera de Asturias a Cantabria hasta San Pedro de las Baheras.

5.2.3. Geometría de la sección del túnel

Para la geometría del túnel hay que tomar en consideración los gálibos requeridos por el tráfico (generalmente impuestos por la normativa), las necesidades de los arcenes, los espacios para conducciones de servicios, drenajes, ventilación, etc.

5.2.3.1. Sección transversal

El número de carriles del túnel debe ser el mismo que en la carretera.

La N-621 es una carretera interurbana, de dos carriles bidireccionales, lo que condiciona las características y propiedades del túnel.

El CETU ha propuesto un catálogo que proporciona una serie de doce perfiles tipo los cuales se muestran en las figuras 8, 9 y 10:

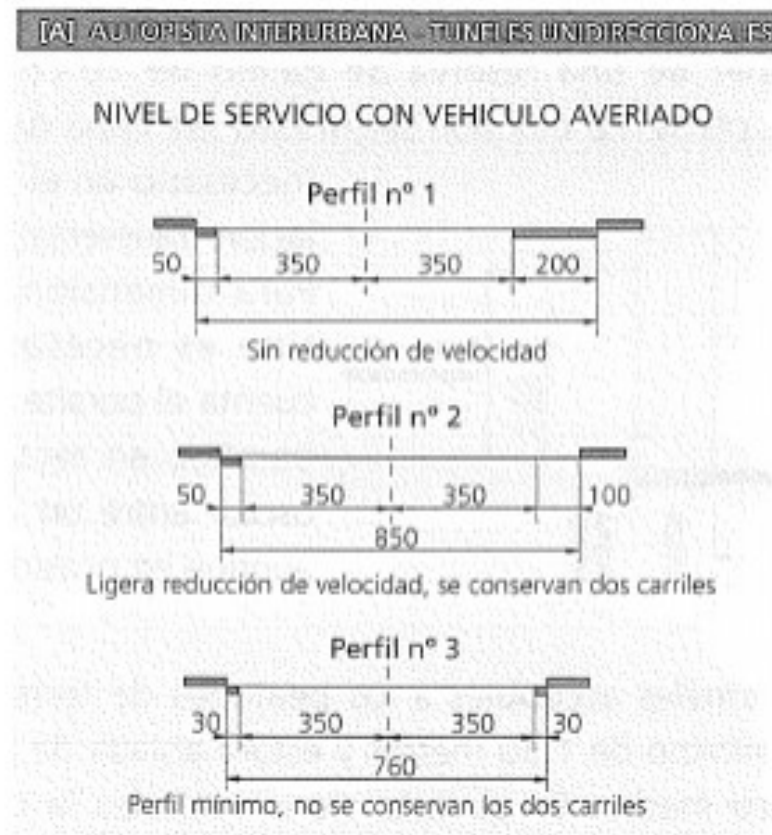


Figura 8. Perfiles autopista interurbana. Túneles unidireccionales

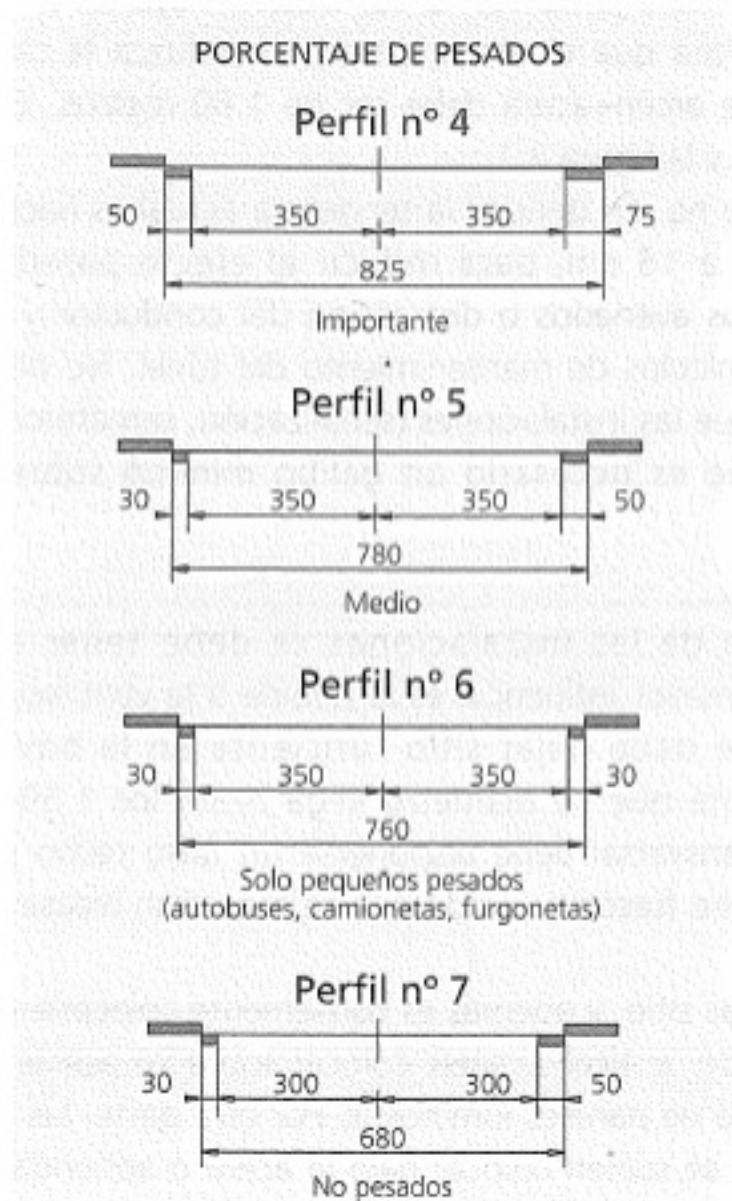


Figura 9. Perfiles autopista urbana. Túneles unidireccionales

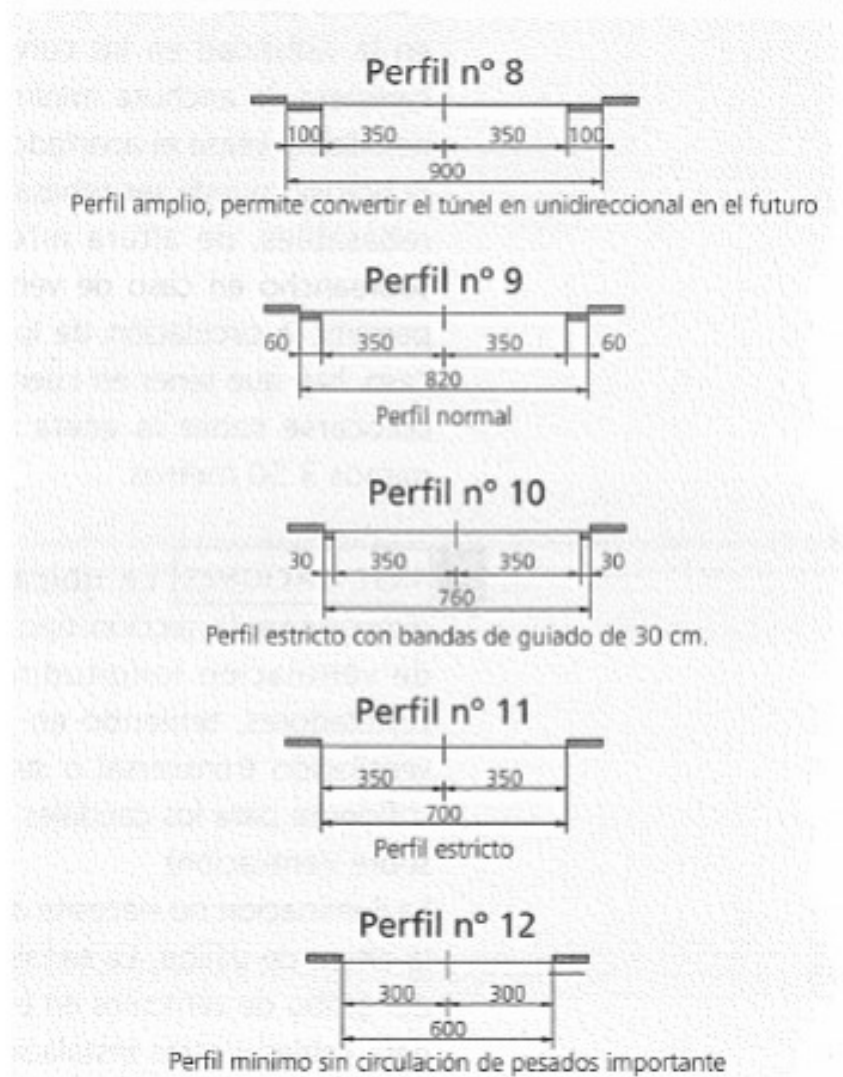


Figura 10. Perfiles carretera interurbana. Túneles bidireccionales

Según la serie de perfiles ofrecidos por el CETU el que se adecúa más a las características del túnel en cuestión es el perfil número nueve que se representa a continuación en la figura 11.

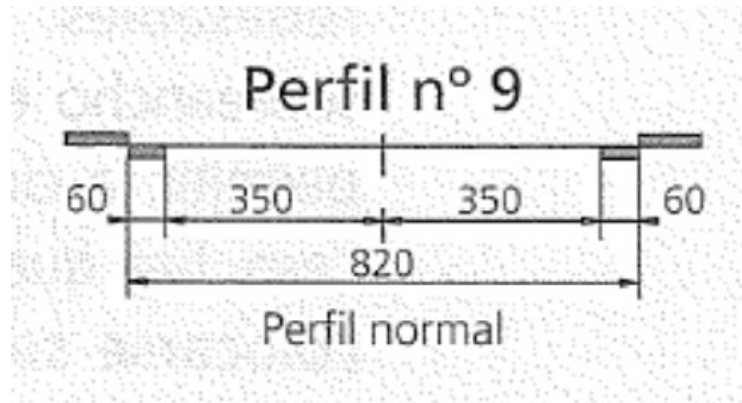


Figura 11. Perfil número 9 (CETU)

Como puede observarse en la figura 11, existen dos carriles de 3,5 metros bidireccionales y un espacio a cada lado de 60 centímetros para arcenes, suficiente para un túnel con las características y condiciones de una carretera interurbana.

5.2.3.2. Gálbo

El gálbo en altura mínimo en España es de 4,5 metros, que es la altura máxima permitida de los vehículos, aunque en autopista/autovía la norma 3.1-IC señala un gálbo mínimo de 4,75 metros en calzada y 4,50 metros en arcenes y aceras.

Se recomienda además disponer de una reserva de gálbo de 10 centímetros por seguridad en caso de falso techo (necesario en el caso de ventilación transversal) y otros 10 centímetros como medida de prevención de futuros refuerzos y reasfaltado del firme.

También se recomienda que la sección sea lo más circular posible pues trabaja a compresión y es la más óptima para la estabilidad de los materiales.

Como el desagüe se va a realizar con arquetas y tubo colector, que se encuentran en el centro de la contrabóveda, se dispone una pendiente del 2% hacia el centro de la calzada para facilitar el desagüe en dicho sistema.

Por tanto, el túnel en cuestión tendrá un gálbo de 4,5 metros, al que se le añadirán 20 cm. Además, como solución al emplazamiento y disposición de los ventiladores axiales se va a ampliar 2,22 metros más de altura, quedando el gálbo dimensionado según las necesidades requeridas por seguridad y elementos constitutivos del propio túnel.

Con todas estas medidas obtenidas y con la anchura proporcionada por el tipo del perfil elegido según el CETU, se puede proceder al cálculo del área del túnel. Ésta queda con un valor de 61,14 m².

En este apartado se describen las características más importantes de la carretera N-621 en el año 2015, recogiendo los datos necesarios del Ministerio de Fomento.

27

Extrapolando los datos de la figura 12:

- IMD: 2390 veh./día
- Porcentaje de motos: 2%
- Porcentaje de vehículos ligeros: 93%
- Porcentaje de vehículos pesados: 5%
- Estación secundaria Santander, número 321
- IMD de vehículos extranjeros: 58 veh./día
- Porcentaje de funcionamiento real de la estación 100%

6. Geología

En este apartado se estudia la geología de la zona ya que, según ésta, se elige qué método de excavación es el adecuado y de qué forma hacerlo.

El suelo ha de soportar las cargas que le transmiten las estructuras superiores construidas por el hombre. No todos los suelos poseen la misma capacidad portante, por ello, han de ser estudiados cuidadosamente.

El estudio de la geología de la zona se ha llevado a cabo mediante la información que dispone el *Instituto Geológico y Minero de España* (IGME).

Como puede observarse en la figura 13, el tramo de la N-621 de Buelles a San Pedro de las Baheras, pertenece a la hoja número 32 correspondiente a Llanes.

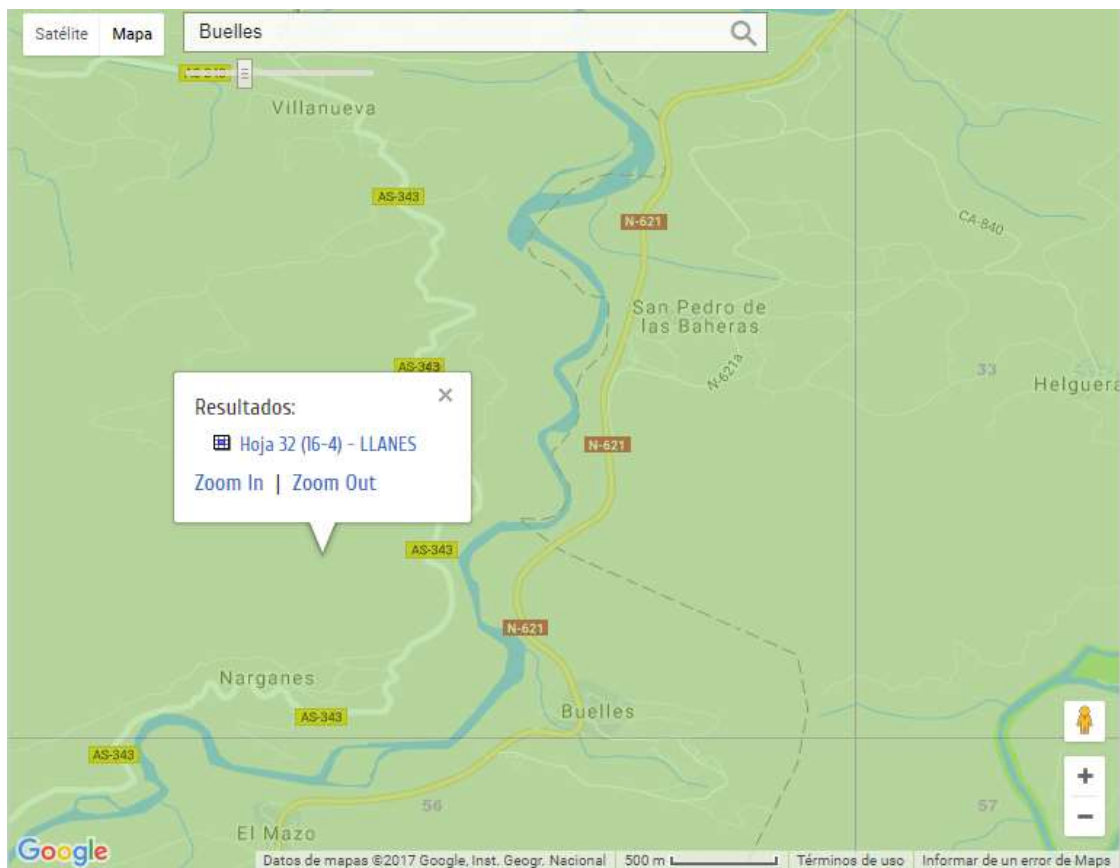


Figura 13. Hoja del tramo Buelles-San Pedro de las Baheras

La hoja de Llanes geológicamente se sitúa justamente en el borde del Macizo Asturiano, que se puede considerar como la zona más externa que aflora del Macizo Hespérico, en su sector septentrional, antes de desaparecer bajo la cobertera sedimentaria mesozoica y terciaria de la Cuenca Cantábrica.

Los materiales que se encuentran en esta hoja abarcan por lo tanto un amplio aspecto cronoestratigráfico, desde el Cámbrico superior hasta el Terciario (Eoceno inferior).

Los materiales más abundantes son los de edad carbonífera, predominando las calizas.

A continuación se describen con detalle la estratigrafía de la zona donde se ve claramente el predominio de las calizas.

6.1. Estratigrafía

Para definir la estratigrafía de la zona, en primer lugar, se van a indicar los materiales que tiene la zona desde el Cámbrico al Terciario cada uno con su numeración en la figura 14 y, posteriormente, se van a exponer las leyendas en las cuales se ve reflejado el número que corresponde a cada sección.

- 35 Depósitos de marismas y rías.
- 34 Depósito de piedemonte.
- 33 Coluviones.
- 32 Cubetas de decalcificación.
- 31 Aluviones.
- 30 Playas.
- 29 Rasas Marinas.
- 28 Terrazas fluviales.
- 27 Playas levantadas.
- 26 Margas arenosas grises.
- 25 Calizas arenosas y dolomías.
- 24 Calizas con grandes Assilinas.
- 23 Calizas con Dyscocidinas, Nummulites y Alveolinas.
- 22 Arenas feldespáticas y conglomerados.
- 21 Calizas con Alveolinas y Nummulites.
- 20 Calizas arenosas y dolomías.
- 19 Dolomías margosas y margas.
- 18 Margas y calizas margosas con Micraster.
- 17 Margas con glauconita.
- 16 Calizas bioclásticas con intercalaciones margosas.
- 15 Arenas y limos con intercalaciones calizas.
- 14 Calizas y calcarenitas con glauconita.
- 13 Arenas y limos con restos carbonosos.
- 12 Calizas con Pseudotoucasia y Orbitolinas.
- 11 Limos, arcillas, areniscas y conglomerados.
- 10 Areniscas, margas, lutitas, calizas y conglomerados.
- 9 Lutitas y calizas.
- 8 Calizas, lutitas y areniscas.
- 7 Chert.
- 6 Calizas claras bioclásticas.
- 5 Calizas oscuras laminadas.
- 4 Calizas nodulosas rojas con radiolaritas.
- 3 Areniscas, conglomerados, arcillas y carbón.
- 2 Cuarzitas con intercalaciones lutíticas.
- 1 Limolitas y areniscas con glauconita.

Figura 14. Materiales de la zona numerados

A continuación, en la figura 15, se expone la era del Terciario, en la cual se puede observar la abundancia de la caliza: calizas arenosas y dolomías, calizas con Alveolinas y Nummulites, calizas con Dyscociclinas, Nummulites y Alveolinas, calizas con grandes Assilinas.

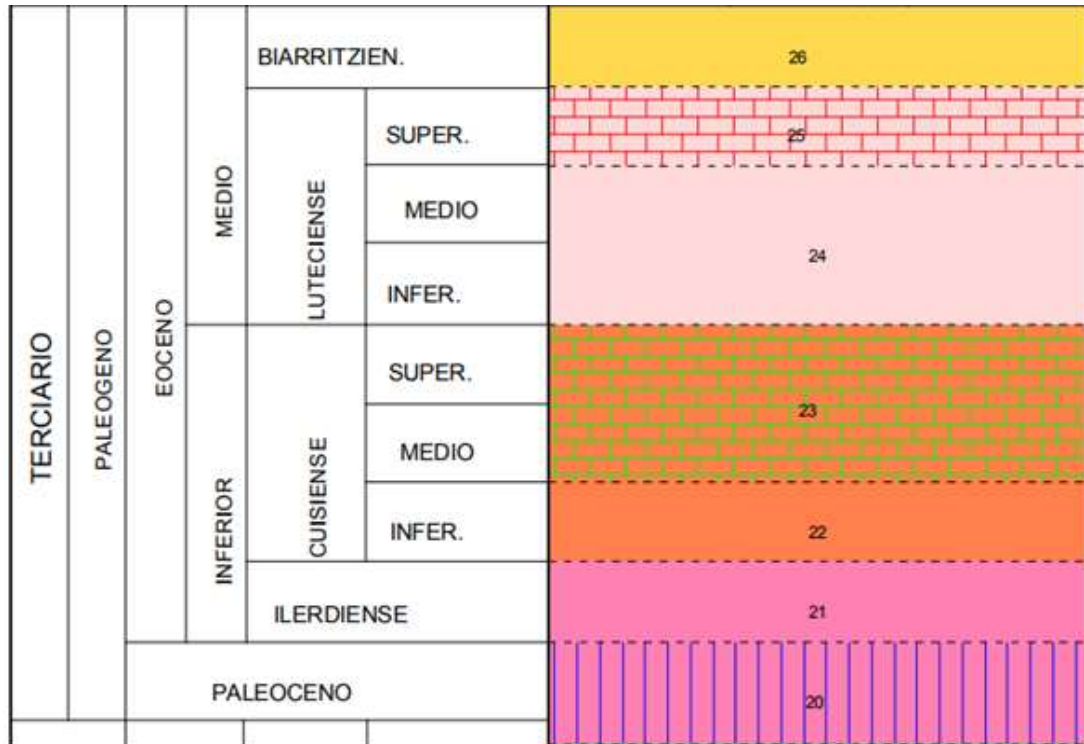


Figura 15. Leyenda del Terciario

Por otro lado, en la figura 16, en la era del Cretácico, se reflejan calizas con Pseudotoucasía y Orbitolinas, calizas y calcarenitas con glauconita y calizas bioclásticas con intercalaciones margosas.

CRETACICO	SUPERIOR	SUPER.		19
		CAMPANIENSE		
		SANTONIENSE		18
		CONIACIENSE		
		TURONIENSE		17
		CENOMANIENSE		16
	INFERIOR	INFER.		15
		SUPER.		14
		ALBIENSE		13
		APTIENSE		12
		BARREMIENSE		11
		VALAN GINI	SUPER.	

Figura 16. Leyenda del Cretácico

Por último, en la figura 17, se muestran las eras desde el Cámbrico hasta el Carbonífero en las que se aprecian calizas nodulosas rojas con radiolaritas, calizas oscuras laminadas, calizas claras bioclásticas, calizas lulitas y areniscas.

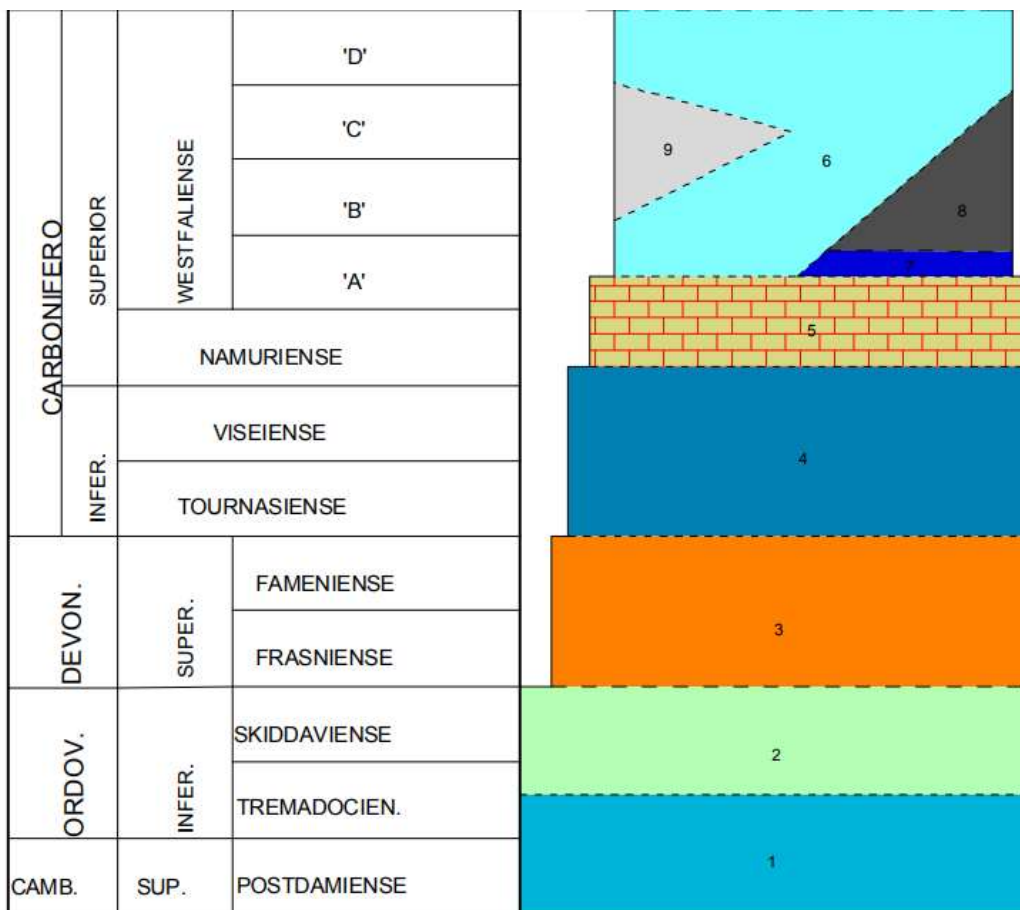


Figura 17. Leyenda desde el Cámbrico al Carbonífero

Con todos estos aspectos señalados en este apartado, se puede deducir, justificadamente, que el material predominante es la caliza.

A continuación, en la figura 18, se representa el mapa geológico general de la hoja de Llanes en el cual se muestran todos los materiales citados anteriormente con sus respectivos colores.

7. Flora

La vegetación, condicionada por las actividades humanas desarrolladas en la zona, se encuentra constituida por zonas de prados y pastizales, en gran medida artificiales, y mantenidas por la actividad ganadera.

Masas de matorral constituidas por brezos y tojos, prados abandonados o colonizados por enredaderas y matas espinosas, pequeñas masas de encinar, que se localizan principalmente en las zonas abruptas, en vaguadas y depresiones del complejo calizo, donde la reserva de agua edáfica y el desarrollo del suelo es menor, y repoblaciones de eucalipto.

A continuación se nombran las especies más relevantes de la zona oriental de Asturias y occidental de Cantabria:

- Estrella de los Pirineos (*Aster pyrenaeus*).
- Mosquita Dorada (*Linaria supina* subsp. *marítima*).
- Hierba de Llamuerga (*Rhynchospora fusca*).
- Malvalisco Común (*Althaea officinalis*).
- Helechilla (*Vandenboschia speciosa*).
- Acebo (*Ilex aquifolium*).
- Tejo (*Taxus baccata*).
- Genciana (*Gentiana lutea*).
- Cola de caballo de bosque (*Equisetum sylvaticum*).
- Junco lanudo (*Eriophorum vaginatum*).
- Helecho juncal (*Isoetes velatum*).
- Estrella de agua (*Callitriche palustris*).
- Malvalisco común (*Althaea officinalis*).
- Sosa Prima (*Suaeda vera*).
- Sosa alacranera (*Sarcocornia fruticosa*).
- Cola de caballo variegada (*Equisetum variegatum*).
- Cinta de agua (*Triglochin palustris*).
- Broza Fina (*Ruppia marítima*).
- Lentibularia común (*Utricularia australis*).
- La Helechilla (*Vandenboschia speciosa*).
- Genciana (*Gentiana lutea*).
- Acebo (*Ilex aquifolium*).

- Tejo (*Taxus baccata*).
- Narcisos de Asturias (*Narcissus asturiensis*).
- Terebinto (*Pistacia terebinthus*).
- Quejigo (*Quercus faginea*).
- Encina (*Quercus ilex*).
- Encina carrasca (*Quercus rotundifolia*).
- Licopodio Alpino (*Diphasiastrum alpinum*).
- Helecho real (*Culcita macrocarpa*).
- Narciso Trompeta (*Narcissus pseudonarcissus* subsp. *Leonensis*).
- Helecho macho asturiano (*Dryopteris corleyi*).
- Olivo silvestre (*Olea europaea*).
- Píjara (*Woodwardia radicans*).

8. Fauna

A continuación se nombran las especies más relevantes de la zona:

- Urogallo cantábrico (*Tetrao urogallus*).
- Murciélago Ratonero Grande (*Myotis myotis*).
- Zara-pito Real (*Numenius arquata*).
- Rana de San Antón (*Hyla arborea*).
- Rana común (*Rana perezi*).
- Águila Real (*Aquila chrysaetos*).
- Oso Pardo (*Ursus arctos*).
- Pico mediano (*Dendrocopos medius*).
- El alimoche (*Neophron percnopterus*).
- Halcón (*Falco peregrinus*).
- Azor (*Accipiter gentilis*).
- Murciélago de Cueva (*Miniopterus schreibersii*).
- Murciélago de Geoffroy (*Myotis emarginatus*).
- Nutria (*Lutra lutra*).

9. Hidrogeología

El estudio hidrogeológico de la Cuenca Norte, zona de Asturias, comprende los sistemas acuíferos: Unidad Mesozoica Gijón-Villaviciosa, Unidad Mesoterciaria Oviedo-Cangas de Onís, Caliza de Montaña Cántabro-Astur, la denominada Franja Móvil Intermedia y una serie de acuíferos, de menor importancia, asociados a los sedimentos calcáreos y dolomíticos de edad precarbonífera.

El tramo de nuestro túnel corresponde a la zona de Llanes, que, como puede observarse, en la figura 18, correspondería a la hoja 16-4 obtenida del Instituto Geológico y Minero de España.



Figura 19. Mapa de situación de los sistemas acuíferos. Zona de Llanes

Como puede apreciarse en la figura 20, se describe la leyenda de la zona de Llanes, la cual pertenece al sistema número 3 que es el de Caliza de Montaña Cántabro-Astur. Esta zona, a su vez, se divide en dos unidades: 3-I, Acuíferos costeros de Llanes y 3-J, Sierra de Cuera. El tramo en cuestión de nuestro túnel se encuentra en la unidad 3-I, Acuíferos costeros de Llanes.

	SISTEMA Nº 3
	Caliza de Montaña Cántabro - Astur
Unidad :	3-A - PICOS DE EUROPA
"	3-B - CARREÑA-PANES
"	3-C - PEÑA UBIÑA - PEÑA RUEDA
"	3-D - SIERRA DEL ARAMO
"	3-E - CALDAS-PALOMAR
"	3-F - SUEVE
"	3-G - ACUIFEROS COSTEROS DE RIBADESELLA
"	3-H - MOFRECHU
"	3-I - ACUIFEROS COSTEROS DE LLANES
"	3-J - SIERRA DE CUERA
"	3-K - SOMIEDO
"	3-L - SIERRA SOBIA-MUSTAYAL
"	3-M - REBORDE ORIENTAL DE LA CUENCA CARBONIFERA ASTURIANA

Figura 20. Leyenda mapa de situación de los sistemas acuíferos

En el sistema en el que nos encontramos, sistema de Caliza de Montaña Cántabro-Astur, se agrupan dos grandes unidades genéticas carbonatadas. Se distinguen las siguientes formaciones:

- Formación Barcaliente: La caliza forma un nivel guía a la base de una potente serie caliza de algas, de llanura supramareal, liteada y negra. No tiene porosidad intrínseca, pero suele estar muy fracturada y karstificada. Presenta porosidad por fractura y, dado el importante espesor que posee (aproximadamente 1000 m), una transmisividad importante.
- Formaciones Valdeteja y Picos: Constituidas por calizas de alta energía, que han perdido su porosidad primaria por recristalización y que presentan porosidad por fracturación o disolución.
- Formación Lebeña: Alternancia de rocas carbonatadas, detríticas y lutíticas, con caracteres turbidíticos en la parte oriental.

En la unidad en la que nos encontramos anteriormente mencionada, unidad de Acuíferos costeros de Llanes, está constituida por la Caliza de Montaña (Barcaliente y Valdeteja) y la formación Picos (calizas masivas grisáceas o blancas), con una estructura en escamas.

Se drena a través del río Bedón y principalmente hacia el mar. No existe problema de intrusión marina debido a los altos caudales circundantes ya que la pluviometría es elevada.

Los recursos totales son del orden de los 59 hm³/año, la mayor parte subterráneos.

Las reservas, para 100 metros de acuífero saturado y una porosidad de 1%, son de 70 hm³.

9.1. Climatología

De la climatología de la zona se han obtenido los siguientes datos:

- Pluviometría: La precipitación media anual es del orden de 900 mm. En general, la época más lluviosa tiene lugar entre los meses de noviembre y mayo, dándose algún fenómeno tormentoso.
- Temperatura: La temperatura media anual es superior a los 13°C.
- Evapotranspiración: Los valores de evapotranspiración son de aproximadamente 550 mm/año.
- Lluvia útil: La lluvia útil varía entre 300 y 1000 mm/año.
- Red hidrográfica: Ésta es muy densa y heterogénea siendo los ríos, en general, de poco recorrido y con muchos afluentes. En cabecera tienen una pendiente muy fuerte, disminuyendo ésta a medida que se acercan a la costa. Es frecuente que durante su recorrido estén conectados con más de un acuífero.

10. Geotecnia

Los estudios geotécnicos deben analizar cómo es el terreno, y cómo se comportará cuando se haga la excavación del túnel y también a largo plazo, durante la explotación.

También deberá estudiar otros aspectos como la presencia de agua (presión y caudal dentro del túnel), tensiones residuales del terreno, afección de obras próximas, etc.

Estos estudios se apoyan necesariamente en los trabajos previos de geología, como base para poder interpretar y extrapolar los datos puntuales procedentes de la investigación geotécnica.

La investigación geotécnica suele realizarse al tiempo de la geológica, aprovechando los sondeos mecánicos de reconocimiento. También es aconsejable realizar esta investigación, al menos, en dos fases: reservando una parte de los recursos disponibles para incidir, acotar, etc., un problema detectado en la primera fase.

El diseño de la prospección geotécnica exige saber qué parámetros se necesitan y definirlos adecuadamente.

Estos parámetros serán los del macizo rocoso, pues la fracturación hace que un macizo se comporte de forma absolutamente distinta a lo que se esperaría.

Además, la posible heterogeneidad (por cambios litológicos, diferente meteorización, etc.) obliga a tener muy en cuenta todos estos aspectos, para poder caracterizar el terreno y abordar los diferentes cálculos. Normalmente se parte de ensayos de laboratorio y, cuando es posible, de ensayos in situ.

El estudio geotécnico del cual se ha basado este proyecto se describe en el anejo II.

10.1. Clasificaciones geomecánicas

Para la caracterización geotécnica de los túneles, se han aplicado las clasificaciones geomecánicas utilizadas con mayor frecuencia. Se basan en métodos empíricos generados a partir de la experiencia obtenida en la excavación de otros túneles.

Las clasificaciones geomecánicas resultan muy útiles fundamentalmente para valorar y seleccionar los sostenimientos más adecuados.

Se han seguido las clasificaciones geomecánicas siguientes:

- Barton (1974), en el que se obtiene un índice numérico Q de calidad del macizo rocoso, que varía entre 0 y 1000.
- Bieniawski (1979 y 1989), a partir de la cual se obtiene el índice RMR del macizo rocoso, que varía entre 0 y 100. Se estimará para cada litología el valor conocido como “básico”, es decir, sin aplicar la corrección por orientación de las diaclasas (que dependerá en último término del sentido escogido para realizar la excavación).

Con los trabajos de campo realizados en el estudio geotécnico, se han obtenido los siguientes parámetros:

- Resistencia a compresión simple = 85 MPa
- Suma longitud menor de 10 cm en testigos de 150 cm = 60
- Separación entre diaclasas = 0,05 m
- Longitud de discontinuidades = 12 m
- Apertura de discontinuidades = 3mm
- Rugosidad de discontinuidades = Ondulada
- Relleno de discontinuidades = Duro > 5 mm
- Alteración de discontinuidades = Muy alterada
- Caudal de agua por cada 10 metros de túnel 0 (seco)
- Orientación de las discontinuidades = Muy favorables
- Abrasividad (Índices Cerchar) = 1

10.1.1. Clasificación por Bieniawski

En primer lugar, para poder realizar una clasificación por Bieniawsky es necesario el valor del RQD (Rock Quality Designation) del macizo rocoso, que asigna un valor numérico mayor cuanto mejor sea la calidad geotécnica de la roca.

Se realizada dividiendo la suma de los fragmentos de roca mayores de 10cm en el testigo de 150 cm y expresándolo en forma de porcentaje, con lo que se obtiene un RQD para el macizo rocoso en cuestión del 60%.

Con los parámetros descritos en el apartado anterior y el RQD se puede proceder al cálculo del RMR a continuación, en la tabla 3.

Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)

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

Tabla 3. Clasificación geomecánica por Bieniawski. Obtención del RMR

Como se puede observar en la tabla 3, sumando las puntuaciones resaltadas en rojo, se obtiene un RMR de 46 puntos, por lo que nuestro macizo sería de clase III, es decir, de características medias, tal y como se muestra a continuación en la siguiente tabla (tabla 4).

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 4. Clasificación geomecánica por Bieniawski

Como se puede apreciar en la tabla 4, la clasificación de Bieniawski divide el índice RMR dentro de 5 clases, con las denominaciones desde muy buena a muy mala.

Pero existe un método más específico aún, la clasificación de Romana.

Romana en el año 2000, propuso la sustitución del sistema de 5 Clases de Bieniawski por el de 10 subclases. Cada subclase tiene un rango de 10 puntos y, para mantener un cierto grado de correlación con la división anterior, se denomina con el numeral romano de Bieniawski (I, II, III, IV, V) seguido de una letra: a, para la mitad superior y b, para la mitad inferior de cada clase.

Si se observa la tabla 5 de equivalencias que propuso Romana, en nuestro caso, se obtiene una clase de RMR IIIb, de media a mala.

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 5. Clasificación geomecánica por Romana

10.1.2. Clasificación por Barton

Para calcular el indicador de calidad Q de Barton vamos a utilizar la siguiente ecuación empírica (ecuación 1), que relaciona la puntuación del RMR con este parámetro.

$$\text{RMR} = 9 \times \text{Ln}[Q + 44] \quad (1)$$

Despejando Q de la ecuación 1 y teniendo en cuenta el resultado obtenido en el apartado anterior del $\text{RMR} = 46$, el valor que se obtiene es de $Q = 1,25$. Por lo cual, según la clasificación geomecánica por Barton, tenemos un macizo rocoso de calidad mala, tal y como refleja a continuación la tabla 6.

El Índice Q varía entre 0.001 y 1.000, y está asociado a la calidad del macizo, como se presenta a continuación:

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

Tabla 6. Clasificación geomecánica por Barton

En conclusión,

- Según Bieniawski se obtiene un RMR clase III, clase media.
- Según Romana se obtiene un RMR de clase IIIb, clase de media a mala.
- Según Barton se obtiene una Q de 1,25, clase mala.

Para determinar cuál es el método de excavación óptimo se va a utilizar la clasificación de Romana que, en este caso, es la más específica.

11. Método de excavación óptimo

La tecnología actual permite excavar los túneles de acuerdo a dos sistemas básicos:

- Excavación mediante voladuras.
- Excavación mediante medios mecánicos, en especial tuneladoras y rozadoras

Para la excavación de túneles en roca, el sistema más versátil es el de voladuras. Sin embargo, este sistema no es el más rápido, ni el más eficiente en terrenos de baja calidad geotécnica. En efecto, con las tuneladoras pueden alcanzarse rendimientos hasta 5 veces superiores que con la voladura, y mediante rozadoras pueden conseguirse mejores efectividades en terrenos de baja calidad.

El método de excavación óptimo puede obtenerse mediante el RMR y mediante el diagrama de Gehring, en el cual es necesario calcular dos parámetros importantes (resistencia mecánica y abrasividad).

11.1. Método de excavación mediante el RMR

Tras haber obtenido un RMR de clase IIIb (de media a mala), se introduce este valor en la tabla 7 y se obtiene que la excavación se puede realizar mediante rozadora o voladura.

Atendiendo a las características de nuestro túnel, su longitud de 767,97 metros, el predominio de calizas, su sección de 61,14 m² y sus parámetros geotécnicos, se deduce que el método óptimo de excavación sería la rozadora y la partición de la sección se haría en dos fases, calota y destroza, con una longitud de pase de 2 a 3 metros.

En este caso, se va a tener una longitud de pase de 3 metros. Esto quiere decir que se empieza excavando la calota o avance y, tras 3 metros, se procede a su sostenimiento y así sucesivamente.

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 ESCARIIFICACIÓN/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

Tabla 7. Recomendaciones, partición y excavación

11.2. Diagrama de Gehring

Las propiedades de las rocas y macizos rocosos que más información suministran sobre la elección del método más adecuado para excavar el terreno son, en relación con su excavabilidad, las resistencias mecánicas y la abrasividad.

11.2.1. Resistencias mecánicas

Según los ensayos, la resistencia mecánica según el ensayo de compresión simple corresponde a 85 MPa, que se engloba en el grupo Resistente (50 -100), como puede apreciarse en la tabla 8.

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 8. Resistencia mecánica

11.2.2. 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.

El índice de abrasividad en este caso es de 1, como se indicó en el apartado 10.1. Por tanto, como se puede observar a continuación, en la tabla 9, es una clasificación de roca muy poco abrasiva.

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 9. Abrasividades

Como ya se ha mencionado, a partir de la abrasividad de la roca y de la resistencia a compresión, se puede deducir el sistema óptimo de excavación utilizando el diagrama de Gehring, que se muestra a continuación en la figura 21.

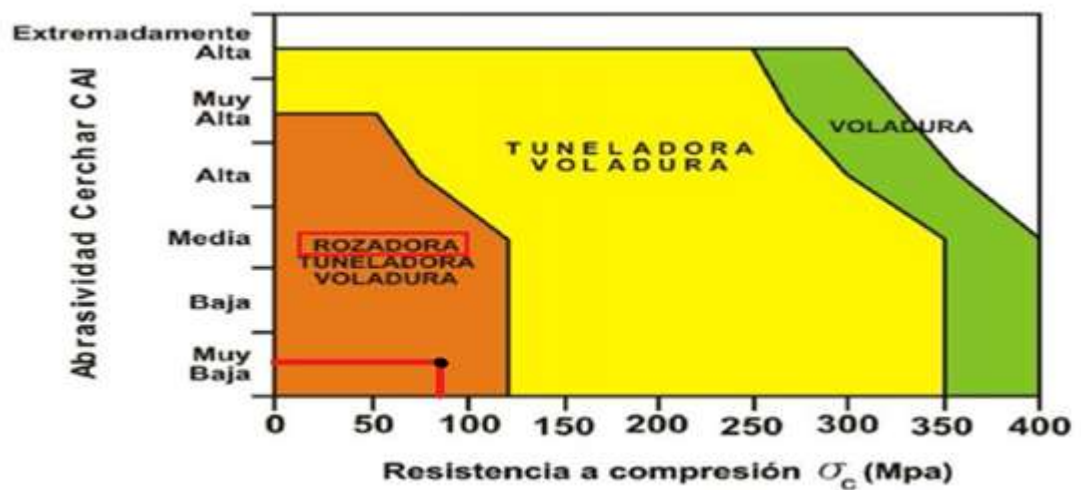


Figura 21. Diagrama de Gehring

Como se puede apreciar en la figura 21, los métodos de excavación resultantes serían rozadora, tuneladora y voladura.

Al igual que en el apartado 11.1., se elige rozadora porque el terreno en el que nos encontramos no es demasiado duro como para utilizar voladura, y resultaría un sistema más caro por tanto. No se utilizará tampoco tuneladora ya que el túnel tiene una longitud de 767,97 m y, por tanto, resulta económicamente inviable la utilización de este método. Por todo ello, la rozadora es el método de excavación óptimo para este túnel.

12. Maquinaria, avance óptimo y rozabilidad

12.1. Maquinaria

Como se ha indicado en el capítulo anterior, se va a trabajar con una partición de la sección de calota y destroza, con contrabóveda, empleando como sistema de excavación la rozadora.

La característica principal de ésta es que tenga una altura mínima de 7 metros ya que el gálibo del túnel es de 6,92 metros como se mencionó en el apartado 5.2.3.2.

Como se va a trabajar a calota y destroza, la altura mínima del brazo de la rozadora ha de ser de 3,5 metros en lugar de 7 metros.

Por otra parte, la maquinaria que se ha utilizado para todo el proceso de construcción del túnel se describe razonadamente en el anejo III Maquinaria.

12.1.1. Potencia de la rozadora

Se ha de calcular la potencia mínima que la rozadora debe suministrar. La potencia mínima requerida se calcula haciendo la media de dos parámetros, con la ecuación 2 y con la solución de la interpolación de la tabla 10.

La ecuación 2 es la siguiente:

$$\text{Potencia requerida} = 0,87 \times RC^{1,18} \quad (2)$$

Siendo RC = Resistencia a la compresión = 85 MPa

Por tanto, la potencia requerida = $0,87 \times 85^{1,18} = 164,53 \text{ kW}$

Por otra parte, el otro valor de potencia requerida se calcula interpolando los valores de la tabla 10, también en función de la resistencia a la compresión.

En este caso la RC tiene como unidades kp/cm^2 , por tanto $RC = 85 \text{ MPa} = 866.76 \text{ kp/cm}^2$.

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 10. Resistencia de la roca-Potencia de la cabeza de corte

Interpolando los valores del recuadro rojo se llega a un valor de potencia mínima obtenida de la tabla de unos 153,37 kW.

Haciendo la media de los dos valores de potencia obtenidos, (el de la ecuación 2 y el de la tabla 10), se obtiene un valor final de potencia mínima requerida de la rozadora de 158,94 kW.

Otra característica es que la potencia de la cabeza de corte de nuestra rozadora ha de ser de 2 a 4 veces el peso en toneladas de ésta, por tanto la rozadora tendrá un peso aproximado de 50 a 60 toneladas.

En resumen, las tres características fundamentales que hay que tener en cuenta a la hora de escoger el modelo de la rozadora son:

Altura mínima	m	3,5
Potencia media requerida	kW	158,94
Peso aproximado (Tn)	Tn	50-60

Tabla 11. Características necesarias de la rozadora

12.1.2. Modelo de rozadora

El modelo de rozadora que se ha escogido es una rozadora Sandvik MR340X, de marca sueca. Las características de esta rozadora se exponen en la siguiente tabla.

General		MR340X
Peso total aproximado	Tn	55
Longitud aproximada	m	10,3
Altura total aproximada	m	2,65
Ancho de la mesa de carga (variable)	m	3,5 (4,5)
Perfil de corte		MR340X
Altura de corte por encima de nivel de la pista (m)	m	4,87
Anchura máxima de corte	m	7,45/4,50
Undercut debajo del nivel del suelo	mm	205
Velocidad de corte en 50 Hz (m/s)	m/s	3,01
Max articulo inlength	mm	4575
Navegable gradientes		MR340X
Navegable cono radius	m	25
Cuenca navegable radio min	m	12,5
Sistema eléctrico		MR340X
Eléctrica tensión de alimentación	V/Hz	1140/50
Corte del motor	kW	230
Potencia instalada total	kW	372
Max ancho de punto	mm	1500

Tabla 12. Características de la rozadora

Como puede apreciarse, las tres características fundamentales nombradas en el apartado anterior se adecúan a las características del modelo escogido.

Como se mencionó anteriormente, la altura de corte mínima que se necesitaba era de 3,5 metros. En este caso la rozadora Sandvik tiene una altura de corte de 4,87 metros que, trabajando con el procedimiento de calota y destroza, es una altura suficiente.

Por otro lado, la potencia mínima requerida es de 158,94, aproximando, una potencia de 159 kW. La rozadora Sandvik aporta una potencia de corte del motor de 230 kW, la cual es más que suficiente para este proyecto. Siempre es recomendable escoger una rozadora con una potencia mayor que la que se requiere realmente, pues se obtienen mejores rendimientos y uso de la rozadora.

Por último, la otra característica fundamental era que debía tener un peso aproximado de 50 a 60 toneladas. La rozadora Sandvik escogida posee un peso aproximado de 55 toneladas, por ello también cumple esta característica.

El modelo de rozadora Sandvik MR340X se ha obtenido del catálogo de rozadoras de la empresa Sandvik. A continuación se expone el modelo de la rozadora en la figura 22.



Figura 22. Modelo rozadora Sandvik MR240X

12.2. Avance diario

El avance diario de la excavación (m/día) vendrá determinado por el rendimiento de la excavación al día y la sección del túnel. Dado que la sección del túnel ya se calculó en el apartado 5.2.3.2., y se obtuvo un valor de 61,14 m², se deberá calcular solamente el rendimiento diario, el cual se obtiene a continuación con la siguiente ecuación.

$$R_{EXD} = C_E \times R_I \times n \times C_D \quad (3)$$

Donde:

- R_{EXD} = Rendimiento de excavación por día, en m³
- C_E = Coeficiente de eficiencia
- R_I = Rendimiento instantáneo de excavación en m³/h
- n = Número de horas trabajadas al día
- C_D = Coeficiente de tiempo disponible para el rozado

12.2.1. Coeficiente de eficiencia, C_E

El coeficiente de eficiencia se determina a partir de la tabla 13. Como se tiene una solera en malas condiciones y con poco polvo, el valor del coeficiente será de 0,86.

Grado	Condiciones del trabajo	Coeficiente 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 13. Coeficiente de eficiencia

12.2.2. Rendimiento instantáneo de excavación en m^3/h , R_i

El rendimiento del rozado, medido en m^3 , depende de la resistencia a compresión simple de la roca y de la potencia de la cabeza de corte, y se puede extraer de la tabla 14.

Como se mencionó anteriormente en el apartado 10.1., se tiene una resistencia a compresión simple de 85 MPa.

Por otra parte, la potencia de corte de la rozadora Sandvik escogida era de unos 230 kW.

Interpolando los valores seleccionados en rojo de la tabla 14, se obtiene un rendimiento instantáneo de excavación de $22,56 \text{ m}^3/\text{h}$.

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 instantáneo de excavación

12.2.3. Número de horas trabajadas al día, n

El número de horas trabajadas al día que se dispone en proyecto es de 24 horas.

12.2.4. Coeficiente de tiempo disponible para el rozado, C_D

Como se tienen unas condiciones de trabajo óptimas, el coeficiente de tiempo disponible para el rozado será de 85, como puede observarse en la tabla 15.

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 15. Rendimiento instantáneo de rozado

12.2.5. Cálculo del avance diario

Con estos cuatro parámetros obtenidos, se pasa a la determinación del rendimiento de excavación diario y, posterior cálculo del avance óptimo.

El rendimiento de la excavación al día, como se ha mencionado anteriormente, viene determinado por la ecuación (3), por tanto:

$$R_{EXD} = 0,86 \times 22,56 \times 24 \times 0,85 = 395,8 \text{ m}^3/\text{día}$$

Para finalizar, gracias al cálculo del rendimiento de la excavación y a la sección del túnel (S), de 61,14 m², es posible obtener el avance diario mediante la ecuación 4.

$$\text{Avance diario} = R_{EXD} / S \quad (4)$$

$$\text{Por tanto, Avance diario} = \frac{395,8 \text{ m}^3/\text{día}}{61,14 \text{ m}^2} = 6,47 \text{ m/día}$$

Si disponemos de una longitud del túnel de 767,97 metros y avanzamos 6,47 metros cada día, se estima que sean necesarios 119 días. Habrá que tener además en cuenta que esta tarea no va a ser continua y habrá que intercalarla con operaciones de sostenimiento y partición de la sección, es decir, primero ejecutaremos el avance y luego la destroza como se explica a continuación.

12.2.5.1. Recomendaciones sobre la partición de la sección

En este apartado se describen las recomendaciones para la excavación del túnel en función del RMR:

- 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 contrabóveda) para $20 < RMR < 30$ y recomendable para $RMR > 30$.
- Galería de avance ($10 < RMR < 40$)
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 túneles de ancho medio (10-12m).
- Galerías múltiples ($0 < RMR < 30$)
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.

En base a estas recomendaciones, en nuestro caso, el sistema de partición de la sección es el de sección partida en dos fases: calota y destroza, porque es un método simple, práctico y fácil de ejecutar. Además se ejecuta también con contrabóveda puesto que es recomendable y con nuestro $RMR = 46 (> 30)$ es posible llevarlo a cabo.

12.3. Rozabilidad

Para el cálculo de la rozabilidad del terreno el parámetro determinante es el contenido en sílice de la roca, por lo cual, lo primero que se debe hacer es calcular el equivalente en porcentaje de sílice de la roca del macizo de estudio mediante la tabla 16.

Tipo de roca	% S_iO_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 16. Tipo de roca

Como se puede observar en la tabla 16, el equivalente en porcentaje de sílice de la caliza, que es el tipo de roca que se encuentra predominante en nuestra geología de la zona, está comprendido entre el 2 y el 10%, por lo cual, se toma como valor el 10% al ser el caso más desfavorable y así se sitúan los cálculos del lado de la seguridad.

Una vez determinado el porcentaje de sílice de nuestro macizo, conocido el tamaño de grano del mineral (0,15 mm) y la resistencia a la tracción del macizo (10kg/cm^2), mediante el siguiente ábaco, figura 23, se puede calcular el coeficiente de desgaste de Shimazek, que se relaciona directamente con la rozabilidad de nuestro terreno.

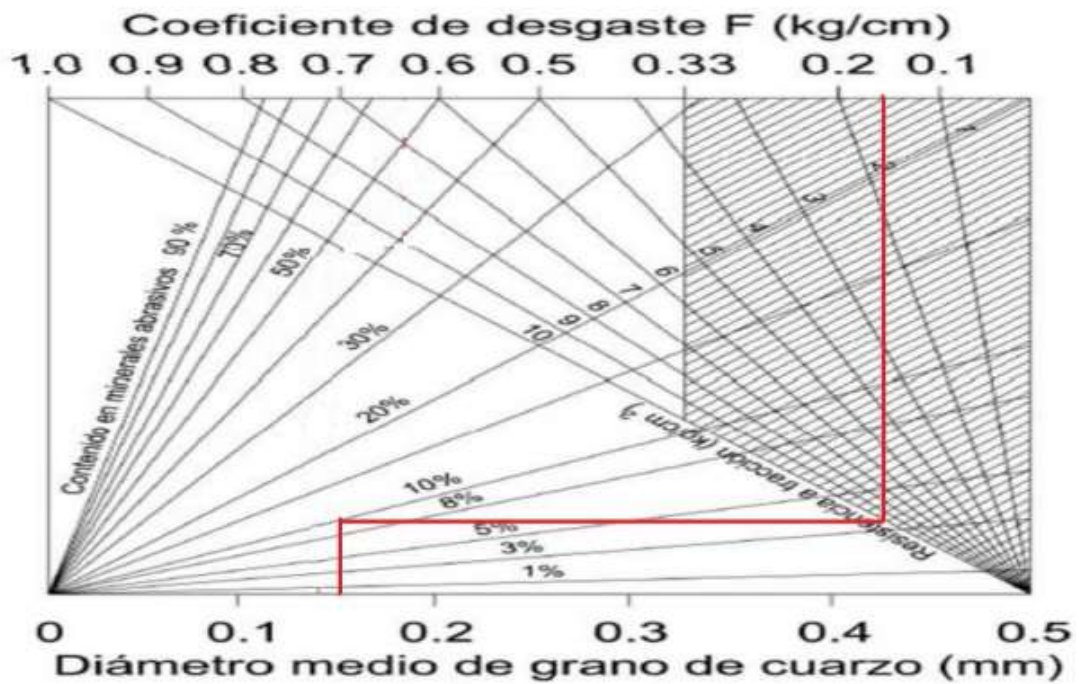


Figura 23. Ábaco coeficiente de desgaste

Como se puede observar en la figura 23, se obtiene un coeficiente de desgaste, F , de $0,15 \text{ kp/cm}^2$.

Introduciendo el coeficiente de desgaste (abrasividad) ya calculado en la tabla 17, se determina qué tipo de rozabilidad se tiene.

Puesto que $0,15 \text{ kp/cm}^2$ es menor aún que $0,2 \text{ kp/cm}^2$, se tiene una rozabilidad muy buena.

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 17. Clasificación de rozabilidad

13. Emboquille

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 cobertera, para disimular 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 cobertera mínima, siendo dicha cobertera 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 verdadero “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 la siguiente imagen, figura 24, se muestra la zona crítica en la cual hay menos estabilidad.

El talud frontal es el frente desde el que se excavará el túnel.

El talud lateral es el que está situado a un lado del talud frontal.

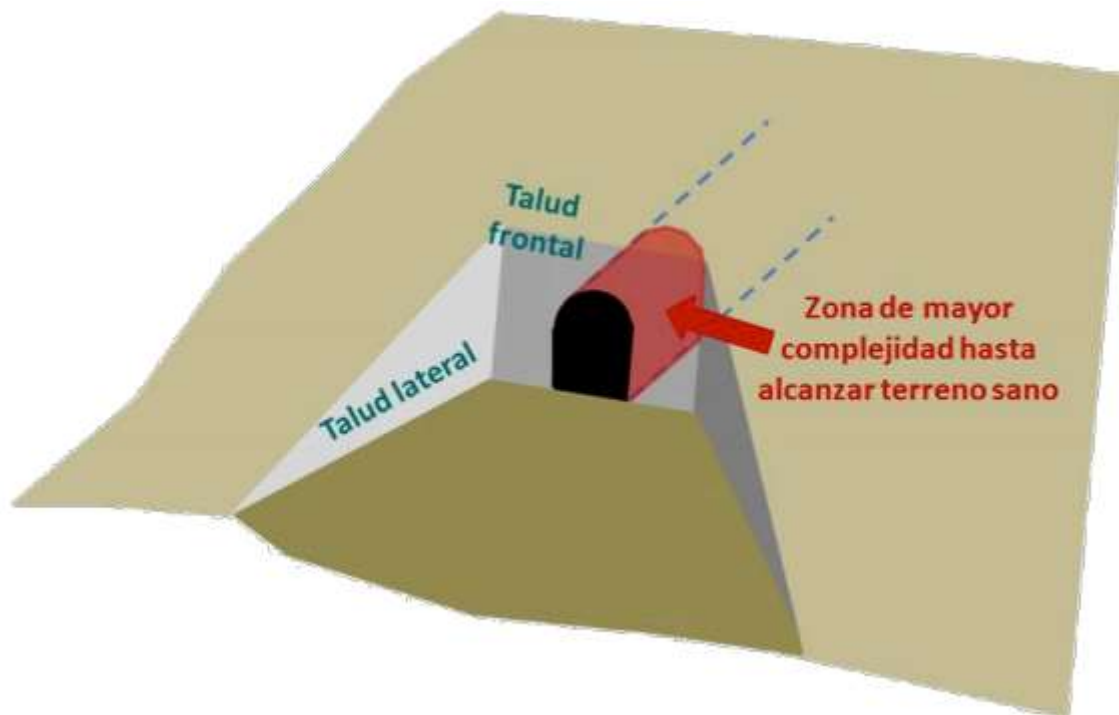


Figura 24. Zonas del emboquille

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 cobertera 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 desarrollarán 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 Bieniawski y Romana sobre el RMR, se propone una tabla orientativa para ejecutar de manera segura el emboquille de nuestro túnel (tabla 18).

Teniendo como dato que el macizo rocoso de estudio tiene un RMR de 46 y está clasificado como clase IIIb, según la tabla adjunta a continuación que relaciona este dato con el tratamiento del talud frontal, se llega a la conclusión de que se debe disponer un paraguas medio, bulones con una longitud de 4,5 metros, sección de 1,2m x 1,2m y dispuestos 0,70 bulones/m². Además deberá emplearse una red o malla metálica y, de forma ocasional, hormigón proyectado.

CLASIFICACIÓN		TRATAMIENTO DEL TALUD FRONTAL					
RMR	CLASE	PARAGUAS	BULONES			HORMIGÓN PROYECTADO e (cm)	RED / MALLA
			L (m)	b/m ²	s (m)		
100							
	I a	Opcional	No	No	No	No	Opcional
90							
	I b	Opcional	3 / 4	<0,10	Ocasional	No	Si
80							
	II a	Ligero	3 / 4	0,11	3 x 3	No	Si
70							
	II b	Ligero o medio	3 / 4	0,25	2 x 2	Ocasional	Si
60							
	III a	Medio	4	0,44	1,5 x 1,5	Ocasional	Si
50							
	III b	Medio	4,5	0,70	1,2 x 1,2	Ocasional	Si
40							
	IV a	Medio	5,6	1,00	1 x 1	0,10-0,5	No
30							
	IV b	Pesado	6	1,50	0,8 x 0,8	0,15-0,20	Mallazo opcional
20							
	V a	Pesado	No	No	No	0,20-0,25	Mallazo simple o doble
10							
	V b	Pesado	No	No	No	0,25-0,30	Mallazo doble
0							

Tabla 18. Tratamiento del talud frontal de Romana

A continuación se describen los procedimientos a seguir para el emboquille de nuestro túnel.

13.1. 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.

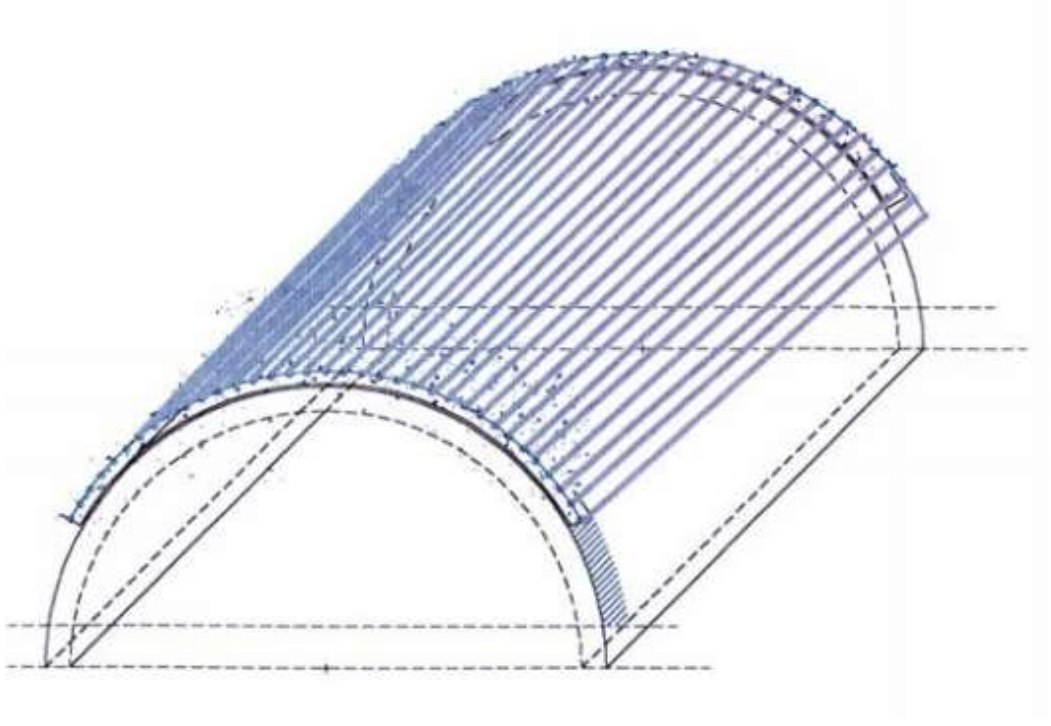


Figura 25. Paraguas de micropilotes 1



Figura 26. 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.

En este túnel en cuestión, emplearemos un paraguas de micropilotes medio, recomendado para clase IIIb, bulones con una longitud de 4,5 metros, sección de $1,2 \times 1,2 \text{ m}^2$ y dispuestos $0,7 \text{ bulones/m}^2$. Además deberá emplearse una red/malla y de forma ocasional hormigón proyectado.

13.2. 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.



Figura 27. Corona de bulones

En este caso, como ya se ha mencionado, los bulones se anclan por adherencia con lechada de cemento y su longitud es de 4,5 m, con una separación entre ellos de 1,2 x 1,2 metros, es decir, en cada 1,44 m² se encuentra un bulón.

13.3. 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.

En el caso de nuestro túnel, el papel del hormigón proyectado debe reservarse a los casos en los que se necesite regularizar algunos puntos del talud, para evitar descalces y roturas superficiales en masas rocosas de calidad media a buena ($RMR > 40$), aplicando puntualmente con un espesor de 10 cm.

Para evitar el mal aspecto estético, se le añade al hormigón un colorante en la última capa proyectada para que el color superficial sea similar al del terreno.



Figura 28. Hormigón proyectado en puntos específicos del talud

13.4. Red/Mallazo

La colocación de una red metálica sobre el talud supone una importante protección contra la caída de rocas y es muy recomendable desde el punto de vista de la seguridad del personal, aunque no supone mejora de la estabilidad del talud.

Por otro lado, la colocación del mallazo como armadura de la capa de hormigón proyectado tiene como función evitar la rotura a tracción de la gunita, y reforzar su resistencia a flexión frente a fenómenos de caídas de fragmentos.

Por tanto, como se tiene un espesor relativamente delgado de hormigón proyectado (10 cm), se utilizará un mallazo de 15 x 15 x 0.6 para evitar la rotura a tracción de la gunita.

14. Sostenimiento

El sostenimiento se ha proyectado siguiendo la técnica del llamado Nuevo Método Austriaco NATM (New Austrian 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, 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 éste ha podido resultar insuficiente, con el fin de garantizar completamente la estabilidad y seguridad de la sección excavada.

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

14.1. 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.

14.2. 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 en el apartado 10.1.1., el RMR de la zona es de 46, lo que conllevaba a tener una calidad media, según la clasificación de Bieniawski, y una calidad de clase IIIb (media a mala), según la clasificación de Romana, como se expone a continuación en las tablas 19 y 20.

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 19. Calidad macizos rocosos 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 20. Calidad macizos rocosos según Romana

Con estas clasificaciones, se entra a las tablas de recomendaciones de sostenimiento que se exponen a continuación (21 y 22). Estas clasificaciones empíricas aportan los datos y características necesarias para ejecutar el sostenimiento. Proponen las especificaciones de bulonado, hormigón proyectado, tipo de armaduras, cerchas y otros métodos. A continuación se describe cada una de las soluciones obtenidas según Bieniawski y Romana:

- Bieniawski

De la tabla 21 (sostenimiento en función del RMR a partir de Bieniawski) se deduce que la excavación ha de ser mediante calota y destroza, con avances de 1,5 metros a 3 metros, completando el sostenimiento cada 20 metros.

Los bulones tienen una longitud de 3 a 4 metros con separaciones de 1,5 a 2 metros en clave y hastiales, y con mallazo en clave.

El hormigón ha de ser de 5 a 10 cm en clave y 3 cm en los hastiales.

Y, por último, no se requieren cerchas.

- Romana

De la tabla 22 (sostenimiento en función del RMR a partir de Romana) se deduce la longitud de los bulones ha de ser de 4 metros, con 1 bulón/m² y con una separación de 1×1,5×1 metros.

El espesor del hormigón proyectado de 12 a 20 cm con dos o tres capas y con colocación de mallazo sencillo.

En este caso sí se requieren cerchas TH-21, de 1,5 metros de separación.

A parte de estas dos clasificaciones, también hay que estudiar la clasificación de Barton para el sostenimiento, expresada en el siguiente apartado y, con estas tres clasificaciones, determinar el sostenimiento óptimo para nuestro túnel.

A continuación se representan las dos tablas (21 y 22) de Bieniawski y Romana, de las cuales se han obtenido los datos anteriormente mencionados del sostenimiento.

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/cm ² .				

Tabla 21. Sostenimiento a partir del índice RMR de Bieniawski

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	I a	-	-	-	-	-	-	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	SENCILLO OCASIONAL				Ocasional			
50	III b	4	0.66/1	1 x 1.5/1 x 1	12-20	2/3	Si							SENCILLO OCASIONAL	
40	IV a	4/4.5	0.80/1	1 x 1.25/1 x 1	16-24	3	Si	SENCILLO DOBLE			TH-29	1			
30	IV b	4.5/5	1	1 x 1	20-30	3	Si							DOBLE	
20	V a	-	-	-	30-40	3/4	Si					0.5/0.75	BERNOLD PARAGUAS		
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, espaciado 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 22. Sostenimiento a partir del índice RMR de Romana

14.3. Sistema Barton

La tercera clasificación que queda para definir al completo el sistema de sostenimiento del túnel es la clasificación de Barton.

Es el sistema más utilizado pues 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 (Stress Reduction Factor) un 100%, lo que se traduce en una reducción del valor de Q a la mitad:

$$Q \text{ (diseño sísmico)} = \frac{1}{2} Q \text{ (diseño estático)}$$

Para determinar el sostenimiento que hay que llevar a cabo para la ejecución del túnel, se parte del valor RMR establecido anteriormente. Como se indica en la siguiente tabla, dentro de los cinco tipos de terreno definidos por Bieniawski, se utilizará el menor valor de RMR en cada categoría para estimar el sostenimiento, y dado que en este caso el RMR calculado es de 46 y que el terreno es tipo 3 (Normal), el valor utilizado de RMR será de 40.

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 23. RMR utilizado para sostenimiento

Una vez establecido el valor a utilizar de RMR (40), se debe determinar el valor utilizado de índice Q, el cual se puede calcular mediante el mapa de peligrosidad sísmica y mediante la ecuación 5, la cual se expone en el apartado 14.2.2.

14.2.1. Índice Q mediante el mapa de peligrosidad sísmica

Para este caso, el índice Q depende en primer lugar del RMR, el cual ya se conoce, y en segundo lugar de si el terreno se encuentra en una zona estática o sísmica. Para ello se hace referencia al mapa de peligrosidad sísmica nacional, en el que se indica si la zona en la que se encuentra localizado el túnel en cuestión tiene valores de sismicidad bajos o altos.

Los valores de sismicidad son muy bajos y, por tanto, el índice Q utilizado será el del caso Estático, dado como dato a continuación en la figura 29.



Figura 29. Mapa peligrosidad sísmica de España

Introduciendo en la tabla 24 el valor de sismicidad bajo (caso estático) y el valor de RMR 40, se tiene una Q de 0,65 como puede apreciarse.

TERRENO	VALOR UTILIZADO RMR	VALOR UTILIZADO ÍNDICE Q	VALOR UTILIZADO ÍNDICE Q
		Caso Estático	Caso Sísmico
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 24. Índice Q según la zona sísmica

14.2.2. Índice Q mediante la ecuación

La ecuación que calcula el índice Q (ecuación 5) es la siguiente:

$$Q = e^{\frac{RMR - 44}{9}} \quad (5)$$

Teniendo en cuenta el valor RMR de 40 se tiene:

$$Q = e^{\frac{40 - 44}{9}} = 0,65$$

Como puede apreciarse el valor obtenido con el mapa de peligrosidad sísmica y con la ecuación 5 es el mismo, por tanto $Q = 0,65$.

14.2.3. Ábaco de Barton

Sólo falta calcular el parámetro de dimensión equivalente, que se calcula a continuación con la ecuación 6.

$$D_e = B/ESR \quad (6)$$

Donde:

- B es el ancho de excavación, en nuestro túnel de 9,97 m.
- ESR es un parámetro en función del nivel tensional que se obtiene de la tabla 25, en nuestro caso 1,3.

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 25. Parámetro ESR

Con esto ya se puede calcular el parámetro de dimensión equivalente dado por la ecuación 6.

$$D_e = 9,97/1,3 = 7,67 \text{ metros}$$

Por último, con el valor 40 de RMR, el índice Q de 0,65 a utilizar y los 7,67 metros de dimensión equivalente, se procede a determinar el sostenimiento en el ábaco de Barton, mostrado en la figura 30 a continuación.

Por tanto, basándose en el ábaco (figura 30) y en el sostenimiento según Barton (tabla 26), como puede apreciarse, se obtienen las siguientes características:

- Clase de roca tipo E (muy mala).
- Separación entre bulones de 1,6 metros.
- Longitud de bulones de 3 metros.
- Hormigón proyectado de 5 a 12 centímetros.

Concluyendo, con las tres clasificaciones descritas, Bieniawski, Romana y Barton, el sostenimiento final del túnel es:

- Hormigón proyectado HP-30 de 12 cm de espesor repartido en 3 capas de 4 cm cada una.
- Mallazo de 150×150×6 cm
- Cerchas TH-21 con una separación de 1,5 metros entre sí.
- Placa metálica sobre la cercha que servirá de encofrado perdido para el hormigón proyectado.
- Bulones de 3 metros de longitud separados 1,6 metros entre ellos.

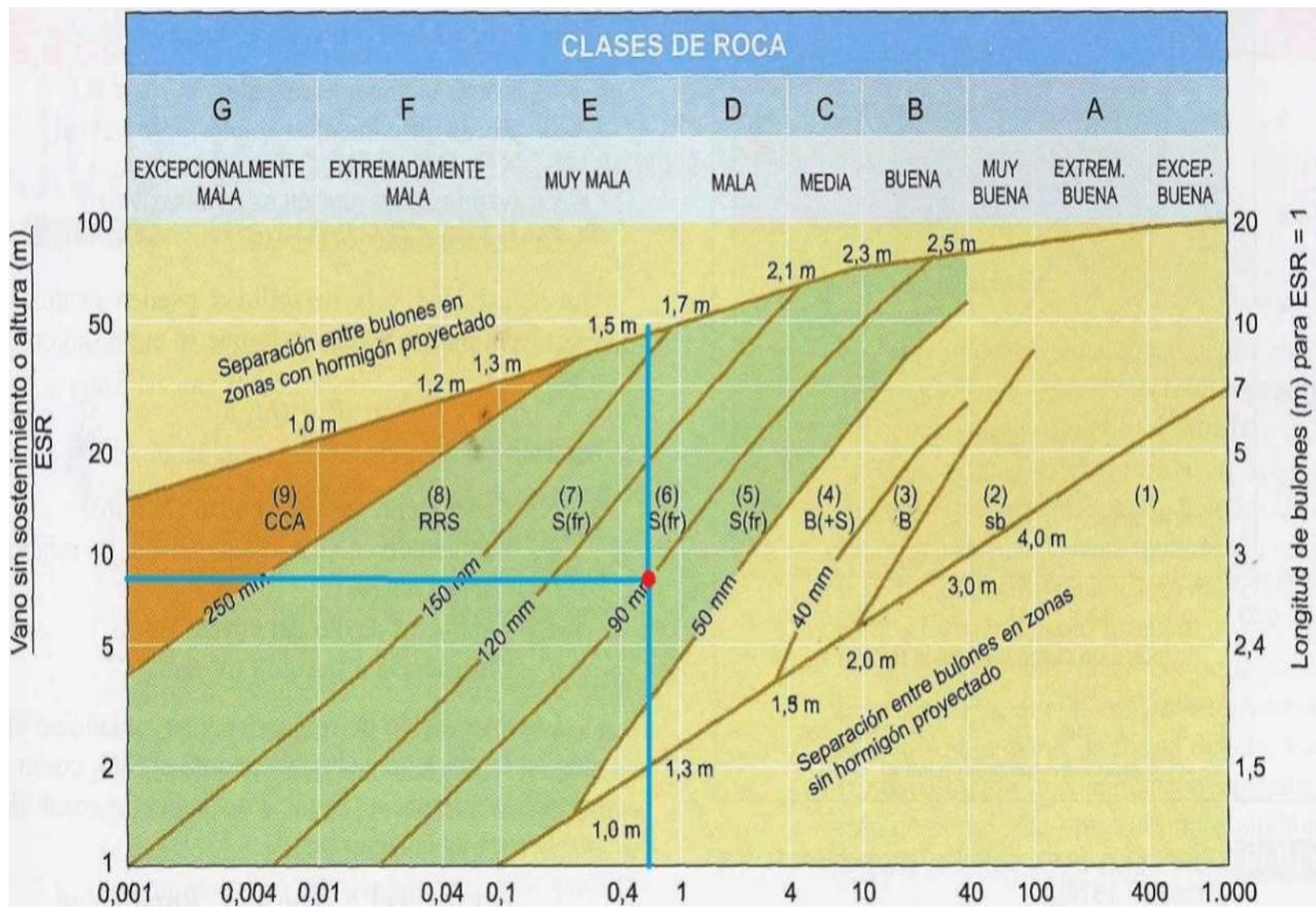


Figura 30. Ábaco de Barton

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

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Tabla 26. Sostenimiento según Barton

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

14.3. Hormigón proyectado

Una vez saneada la excavación se dispondrá una capa de sellado de hormigón proyectado HP-30 de 12 cm de espesor repartido en tres capas. La primera, de sellado, tiene un espesor de 4 cm. Esta capa tiene 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 4 cm cada una, tienen como finalidad el relleno del espacio comprendido entre las cerchas, el mallazo y las placas.

14.4. Bulones

Los bulones para el cosido del terreno, se colocarán 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.

Se ha previsto la utilización de bulones de anclaje de acero corrugado de Ø25, de 2,9 m de longitud, separados 1,6 m en zonas sin hormigón proyectado y 1,2 m en zonas con hormigón proyectado, formando una red de 2 x 2 metros.

14.5. Cerchas

En la sección se prevé la colocación de cerchas tipo TH-21 cada 1,5 metros y se fijarán mediante bulones y placa.

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 éste, limitando el desarrollo de deformaciones en la sección y mejorando consecuentemente las condiciones de estabilidad del túnel.

14.5. Mallazo

Colocaremos un mallazo simple de 150 x 150 x 6 centímetros de acero corrugado como armadura de reparto.

15. Revestimiento

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 gálbos 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 actual 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 del 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 continuo de hormigón, de 0,30 m de espesor mínimo, advirtiéndose 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 ejecutan los denominados muretes guía (zapatas), como arranque de hastiales. Sobre ellos se hormigona el revestimiento propiamente dicho cuya cara interior constituye el paramento visto de la sección del 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 éste.

Nuestro túnel, dada su longitud y sección tipo única, puede revestirse mediante carretón electrohidráulico (figura 31), 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 31. Carretón electrohidráulico

16. Ventilación

En este apartado se va a determinar qué tipo de ventilación es la más adecuada para el túnel. Se va a calcular el caudal de aire necesario para diluir y eliminar los gases y polvo que se generan dentro del túnel y, con todo esto, se determina la potencia que el ventilador debe tener.

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, anhídridos sulfurosos, etc. También otros productos como el plomo de las gasolinas, compuestos de fósforo y azufre y partículas contaminantes como el hollín, amianto, etc.

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 atmósfera 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 del avance, que es precisamente dónde se encuentra casi todo el personal, y además en los largos periodos de tiempo que duran sus jornadas de trabajo.

Además está la situación en el túnel en construcción de que aún no hay salida, 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.

16.1. Caudal necesario en la construcción de túneles

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 siguiente tabla (27).

p.p.m.	Jornada de 8 h.	Periodos cortos
Monóxido de carbono (CO)	50	100
Dióxido de carbono (CO ₂)	5.000	12.500
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	10	25
Sulfuro de hidrógeno (SH ₂)	10	50
Dióxido de azufre (SO ₂)	5	10
Hidrógeno (H ₂)	1.000	10.000

Tabla 27. Concentraciones de gases peligrosos admisibles

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

16.2. Tipos de sistemas de ventilación

16.2.1. Ventilación soplante

En este tipo de ventilación se instala una conducción a través de la cual circula el aire desde el exterior hasta las proximidades del frente de avance, como se aprecia en la figura 32.

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

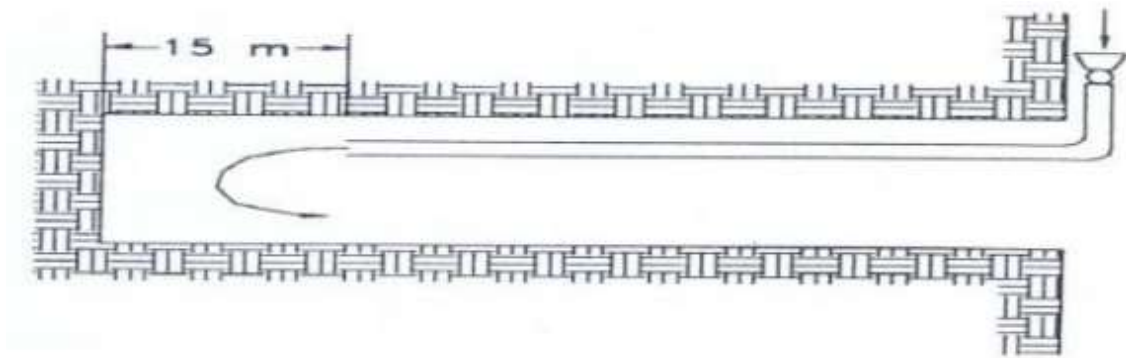


Figura 32. Ventilación soplante

Las ventajas de esta ventilación son:

- Es de fácil instalación
- Permite el empleo de tubería 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 éste excesivamente.
- Menor potencia instalada.

16.2.2. Ventilación aspirante

Se aspira 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 ésta y sea expulsado, por su otro extremo, al exterior del túnel.

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

El ciclo se cierra por la aspiración de la tubería.

A continuación se muestra el funcionamiento del sistema de ventilación aspirante en la figura 33.

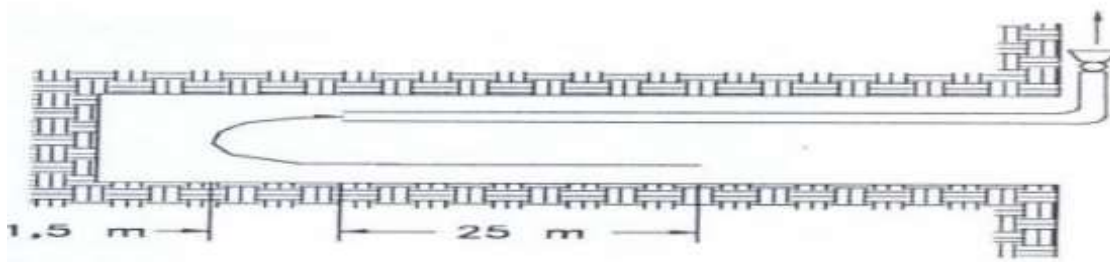


Figura 33. Ventilación aspirante

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 sólo es efectivo a una distancia pequeña del frente (< 2 m), a partir de la cual desaparece todo movimiento de aire. Por este motivo es difícil la limpieza total de la atmósfera.

Los humos situados antes del extremo de la tubería son arrastrados por la corriente de aire que penetra en ella, siendo la 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, si se desea su utilización, debe usarse en combinación con la soplante.

16.2.3. Ventilación por aspiración e impulsión sucesivas

Empleando una sola tubería (figura 34), 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 sopla 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.

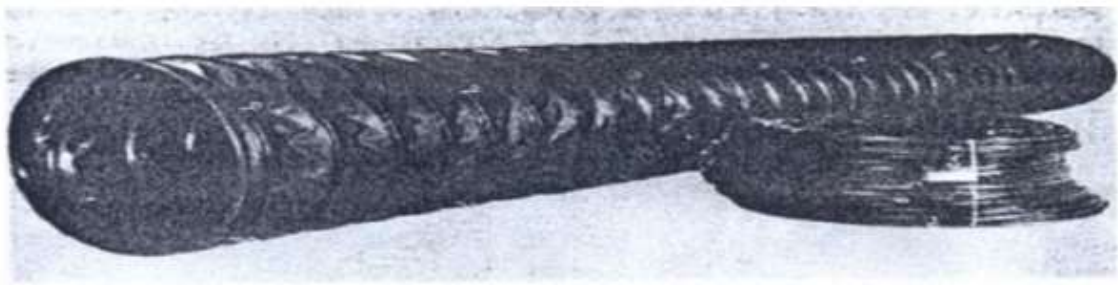


Figura 34. Tubería flexible semirrígida utilizada

16.2.4. Ventilación aspirante y soplante simultáneas

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 de la aspirante. El papel de dicha tubería soplante es sólo homogeneizar el frente de avance.

A continuación se muestra el funcionamiento de este sistema (figura 35).

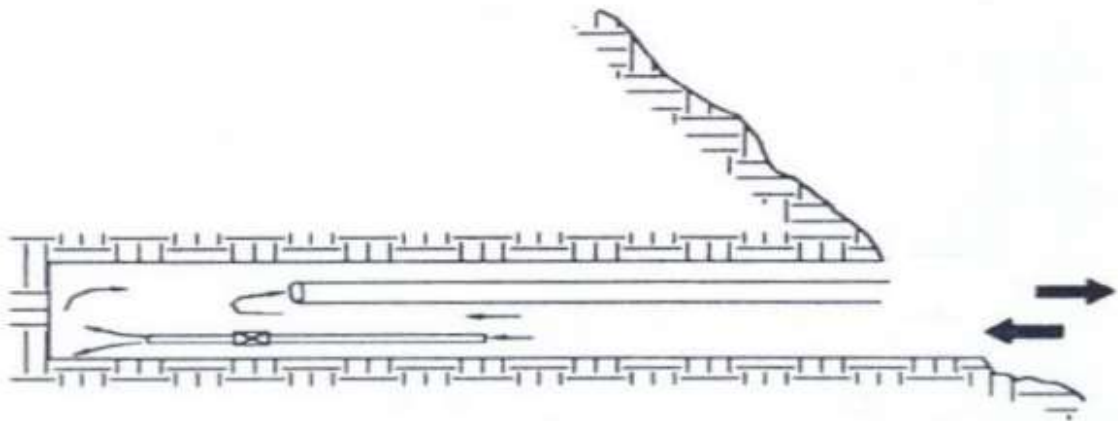


Figura 35. Ventilación mixta

Al ser la tubería muy corta (máximo 30m) 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 producido en el arranque y lo lleva a un filtro de mangas, dónde es recogido.

16.3. Elección del sistema de ventilación

Para nuestro caso, un túnel de longitud medio (767.97 m) y sin sílice, se va a incorporar en él un sistema de ventilación soplante. Este sistema es versátil, simple, económico y la mejor opción para las características de nuestro túnel.

Como ya se ha mencionado en el apartado 16.2.1., en el sistema de ventilación soplante se instala una conducción a través de la cual circula el aire desde el exterior hasta las proximidades del frente de avance como se aprecia a continuación en la figura 28.

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

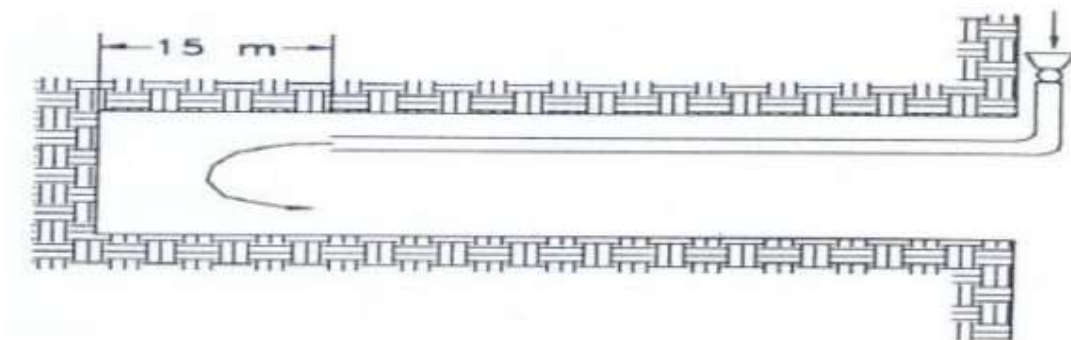


Figura 36. Sistema de ventilación soplante

16.3. Cálculo del caudal de aire necesario

16.3.1. 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 máquinas 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 máquinas trabajarán a un 60% de su potencia nominal.

Con los valores indicados se obtiene la figura 37, 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.

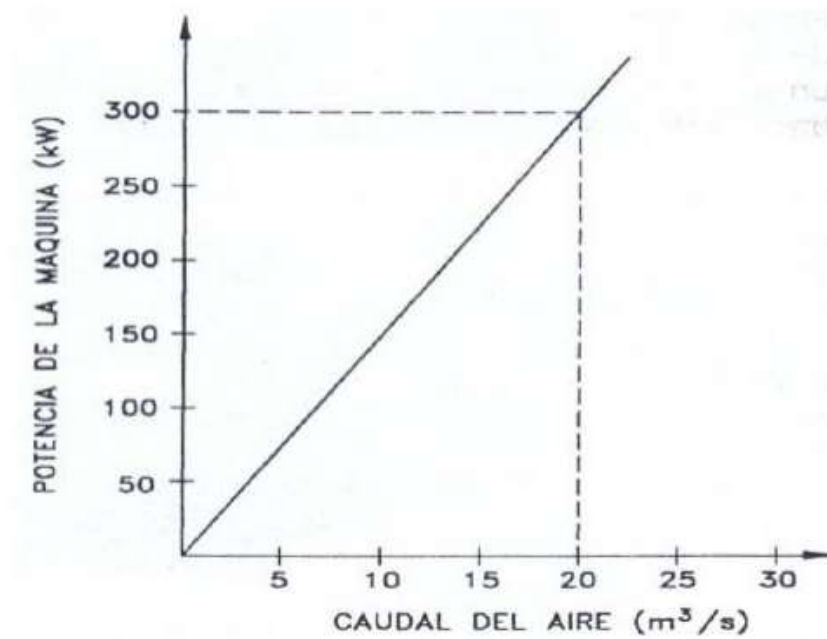


Figura 37. Potencia de la máquina-Caudal del aire

Por tanto, como se mencionó en el apartado 12.1.2., se eligió una rozadora con una potencia de corte del motor de 230 kW.

Por otra parte, se tiene una pala cargadora sobre ruedas, que trabaja en régimen continuo con una potencia de 100 kW.

Por último, se tienen dos vehículos de transporte que trabajan en el interior 40 minutos de cada hora, con una potencia de 110 kW.

Después de exponer la potencia de cada máquina se ha de determinar la potencia total que se considera de cara al diseño de la ventilación con la siguiente ecuación (7).

- Potencia total

$$P_T = (230 + 100 + 2 \times \left(\frac{40}{60}\right) \times 110) \text{ kW} = 476,67 \text{ kW} \quad (7)$$

Con el dato de la potencia total y los datos iniciales mencionados al principio de este apartado, se puede obtener el caudal de aire necesario para la ventilación de los gases de escape de los motores mediante la ecuación 8.

- Caudal de aire necesario para la ventilación

$$Q = (P_T \times 1500 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{kg} \times 0,272 \text{ kg/kWh} \times 0,6) \quad (8)$$

$$Q = (476,67 \text{ kW} \times 1500 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{kg} \times 0,272 \text{ kg/kWh} \times 0,6) = 116688,82 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por tanto, el caudal de aire necesario para ventilar los gases de escape de la maquinaria dentro del túnel sería $Q = 32,41 \text{ m}^3/\text{s}$.

16.3.2. Ventilación del polvo

Las labores de construcción de túneles que generan polvo son principalmente (como se ilustra en la figura 38):

- Rozado del frente
- Carga y transporte del escombros
- Proyección de hormigón

Si en el avance se utilizan rozadoras, el caudal de aire a emplear por metro cuadrado de sección estará comprendido entre 15 y 25 m^3 por m^2 y minuto, dependiendo de la cuantía de los avances y del tipo de roca.

En nuestro caso, se va a utilizar la media de estos dos valores, 20 m^3 por m^2 .

Por otro lado la sección de nuestro túnel, calculada en el apartado 5.2.3.2., tenía el valor de 61,14 m^2 .

Con estos dos valores ya se puede proceder al cálculo del caudal necesario para la ventilación del polvo con la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{Polvo}} = \frac{20 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \times 61,14 \text{ m}^2}{60 \text{ s}} = 20,38 \text{ m}^3/\text{s} \quad (9)$$

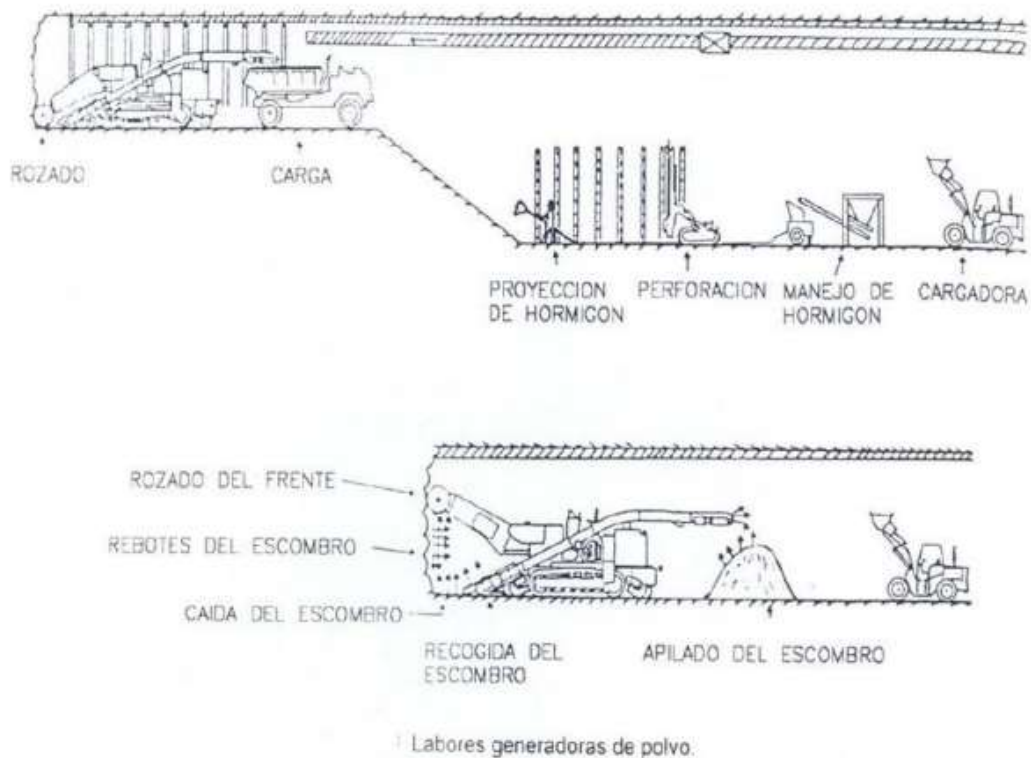


Figura 38. Labores de desescombro que producen polvo

16.3.3. Ventilación total resultante

Para ventilar, en condiciones normales, se utilizará el mayor de los caudales estimados como necesarios en la dilución de los motores diesel y en la del polvo generado por las rozadoras. Como ya se ha mencionado:

- El caudal para diluir los gases de escape de los motores diesel de la maquinaria es: $Q = 32,41 \text{ m}^3/\text{s}$
- El caudal para ventilar el polvo generado es $Q_{\text{Polvo}} = 20,38 \text{ m}^3/\text{s}$

Por tanto, como el mayor caudal es el de motores diesel, será necesario un caudal de $32,41 \text{ m}^3/\text{s}$ para ventilar la zona de excavación.

16.3.4. Caudal de aire para la respiración del personal

Si suponemos un caudal de aire de 40 L/s y por persona, y suponiendo que nunca habrá más de 14 personas trabajando simultáneamente en el frente de la excavación, tenemos que:

$$Q_{\text{Personal}} = 0,04 \text{ m}^3/\text{s} \times 14 = 0,56 \text{ m}^3/\text{s} \quad (10)$$

Como la exigencia de caudal mínimo para la respiración normal ha de ser 40 L/s por persona, con un contenido en oxígeno siempre mayor de 19%, se verifica que con el caudal calculado se cumplen las corrientes de aire estipuladas en las ITC.

16.3.5. Caudal de aire para mantener la velocidad de la corriente de 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 m/s ni mayor de 8 m/s. Por tanto, se tiene:

$$Q \geq 0,4 \times S = 0,4 \times 61,14 = 24,46 \text{ m}^3/\text{s} \quad (11)$$

$$Q < 8 \times S = 8 \times 61,14 = 489,12 \text{ m}^3/\text{s} \quad (12)$$

Al ser el caudal calculado de 32,41 m³/s, se comprueba que cumple el rango de los valores límite que se han establecido. Por tanto, el valor de caudal 32,41 m³/s está permitido y es el que se va a utilizar.

16.4. Cálculo 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:

$$\Delta X = R \times Q^2 \quad (13)$$

Donde:

ΔX : Pérdida de carga en Pa

R: Resistencia aerodinámica en Ns²/m⁸

Q: Caudal de aire en m³/s

Ya se conoce el caudal de aire necesario para ventilar el túnel (32,41 m³/s), mencionado anteriormente. 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 los tres factores que se describen a continuación.

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

16.4.1. Resistencia aerodinámica en el túnel

La ecuación para el cálculo de este parámetro sería:

$$R_{\text{TÚNEL}} = \frac{1000}{8 \times g} \times \frac{\lambda \times \gamma \times P \times L}{S^3} = 153,03 \times \frac{\lambda \times P \times L}{S^3} \quad (14)$$

Donde:

- g: Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)
- λ : Coeficiente de pérdida de carga
- γ : Peso específico del aire. Puede considerarse que su valor es de 12,01 N/m³
- P: Perímetro de conducto en el tramo considerado (m)
- S: Sección del tramo considerado (m²)
- L: Longitud del tramo considerado (m)

El coeficiente de pérdida de carga, λ es 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 sólo de las condiciones del túnel.

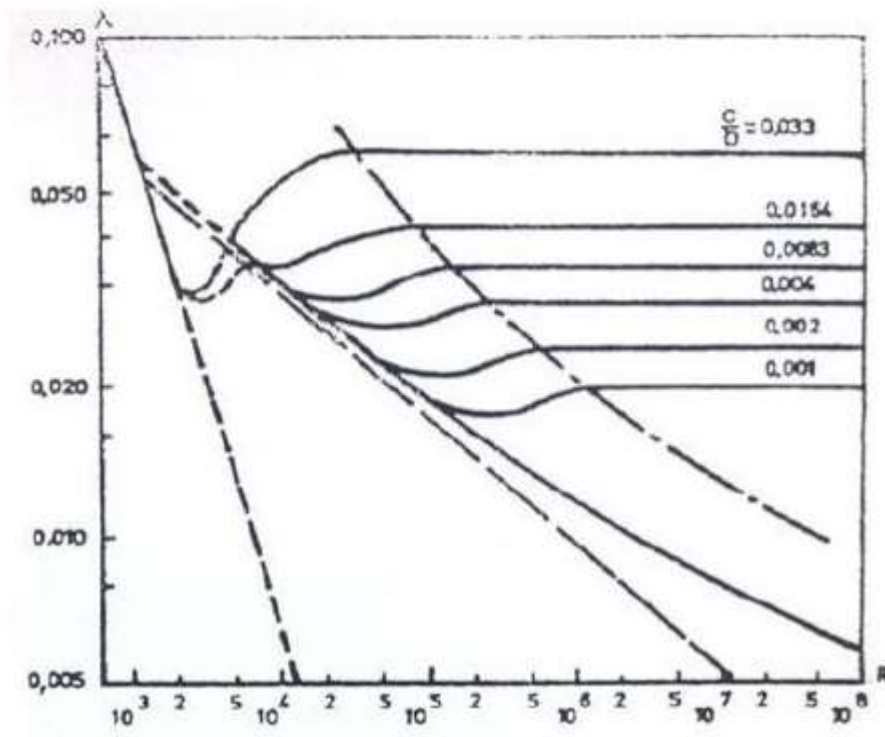


Figura 39. Variación del coeficiente de pérdida de carga con el N° de Reynolds

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.

$$\lambda = 0.7 \times \lambda_p + 0.3 \times \lambda_s \quad (15)$$

Donde:

- λ_p : Coeficiente de pérdida de carga de las paredes.
En este caso su valor es 0,058 puesto que se tiene roca desnuda con pared bien recortada (tabla 28).
- λ_s : Coeficiente de pérdida de carga del suelo.
En este caso su valor es 0,06 puesto que $i = 5\text{cm}$ (tabla 29).

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 28. 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 29. Coeficiente de pérdida de carga del suelo

Por tanto, aplicando la ecuación 15 se obtiene λ :

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

Con este valor ya calculado, puede determinarse la resistencia aerodinámica en el túnel mediante la ecuación 14.

$$R_{\text{TÚNEL}} = 153,03 \times \frac{0,0586 \times 28,74 \times 767,97}{(61,14)^3} = 0,87 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$$

16.4.2. 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:

$$R_{\text{TUBERÍA}} = \frac{0,1 \times \lambda \times L}{D^5} \times Q^{\alpha} \times 9,81 = \frac{0,98 \times \lambda \times L \times Q^{\alpha}}{D^5} \quad (16)$$

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 m³/s
- α : Coeficiente que puede tomar los siguientes valores:
 $\alpha = 2$ en tuberías rígidas
 $\alpha = 1,7$ en tuberías flexibles
- λ : Coeficiente de pérdida de carga. Es función de las características de la superficie interior de las tuberías. Sus posibles valores se indican en la tabla 30.

En este caso, se tiene una tubería flexible bien sostenida por tanto, según la tabla 30, el coeficiente de pérdida de carga es 0,0210.

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	0,0260

Tabla 30. Coeficiente de pérdida de carga en tuberías

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

Por tanto, aplicando la ecuación 16, la resistencia aerodinámica de la tubería se determina:

$$R_{\text{TUBERÍA}} = \frac{0,98 \times 0,0210 \times 767,97 \times 32,41^{1,7}}{3,5^5} = 11,13 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$$

16.4.3. Resistencia 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.

$$R_{\text{SING}} = \xi \times \frac{\gamma}{2 \times g \times S^2} = \xi \times \frac{0,61}{S^2} \quad (17)$$

Donde:

- R_{SING} : Resistencia aerodinámica de la singularidad en Ns^2/m^8
- ξ : Coeficiente de fricción de la singularidad. Sus posibles valores se indican en la tabla 31.

Como el tipo de singularidad es emboquille, se tiene un valor de coeficiente de fricción de la singularidad de 0,6 (tabla 31).

- γ : Peso específico del aire ($12,01 N/m^3$)
- g : Aceleración de la gravedad ($9,81 m/s^2$)
- 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 31. Coeficientes de fricción de las singularidades

Por tanto, la resistencia aerodinámica en singularidades se determina por la ecuación 17:

$$R_{SING} = \xi \times \frac{0,61}{S^2} = 0,6 \times \frac{0,61}{(61,14)^2} = 9,8 \times 10^{-5} Ns^2/m^8$$

16.5. Cálculo de la potencia necesaria para la ventilación de túneles en construcción

Ya se ha calculado el caudal de aire necesario para ventilar el túnel (32,41 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 parciales.

$$\Delta X_{\text{TÚNEL}} = R_{\text{TÚNEL}} \times Q^2 = 0,87 \times 32,41^2 = 913,85 \text{ Pa} \quad (18)$$

$$\Delta X_{\text{TUBERÍA}} = R_{\text{TUBERÍA}} = 11,13 \text{ Pa} \quad (19)$$

$$\Delta X_{\text{SING}} = R_{\text{SING}} \times Q^2 = 9,8 \times 10^{-5} \times 32,41^2 = 0,1 \text{ Pa} \quad (20)$$

Sumando las ecuaciones 18, 19 y 20 se obtiene la pérdida de carga total (ΔH). Por tanto, se tiene:

$$\Delta H = \Delta X_{\text{TÚNEL}} + \Delta X_{\text{TUBERÍA}} + \Delta X_{\text{SING}} = 925,08 \text{ Pa} \quad (21)$$

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

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.

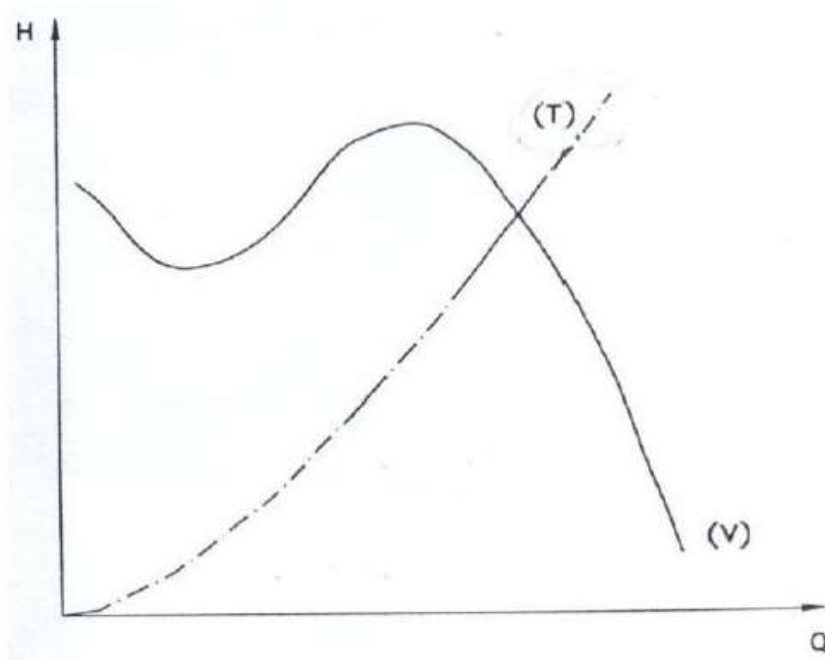


Figura 40. Curvas características del túnel y el ventilador (T-V)

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

$$W = \frac{Q \times \Delta H}{n} \quad (22)$$

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. Se toma el valor de 0,85

Por tanto, aplicando la ecuación 22, la potencia absorbida por el ventilador (W) es:

$$W = \frac{32,41 \times 925,08}{0,85} = 35272,8 \text{ W} = 35,3 \text{ kW}$$

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

Con el dato ya calculado de la potencia necesaria en el ventilador (35,3 kW) y el dato del caudal de aire que hay que ventilar (32,41 m³/s), se determina que el ventilador óptimo según el catálogo de ventiladores “Zitrón” es el modelo:

JZR 12-37/4, que puede llegar a ventilar un caudal de aire de 35,6 m³/s y absorbe una potencia total de 37 kW.

Como el caudal de aire que hay que ventilar es de 32,41 m³/s y la potencia que se necesita es de 35,3 kW, el ventilador JZR 12-37/4 es el más óptimo para este túnel.

17. Sistema de drenaje.

En este túnel el drenaje se dispone en el interior de la contrabóveda, específicamente en el centro.

El sistema se basa 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 contrabóveda tiene una pendiente interior del 2% en ambos carriles, lo que ayuda a la circulación del agua hacia la arqueta.

En el anejo IX de Planos, en el plano 2 (Definición de la sección del túnel y fases de excavación) se representa el sistema de drenaje con el 2% de pendiente en ambos carriles.

A continuación, en la figura 41 se expone el esquema del sistema de drenaje llevado a cabo.

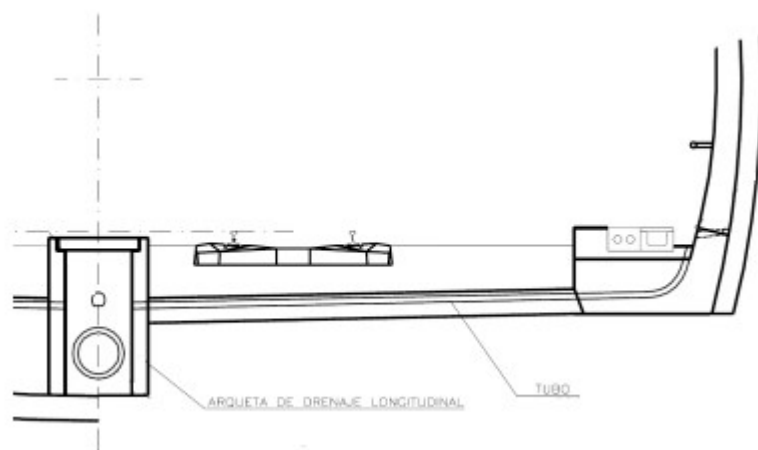


Figura 41. Sistema de drenaje con arqueta

18. Electrificación

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

En este túnel, la red eléctrica comienza en una subestación de transformación situada cerca de las bocas, 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 instalará 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 se puede observar en la figura 42.

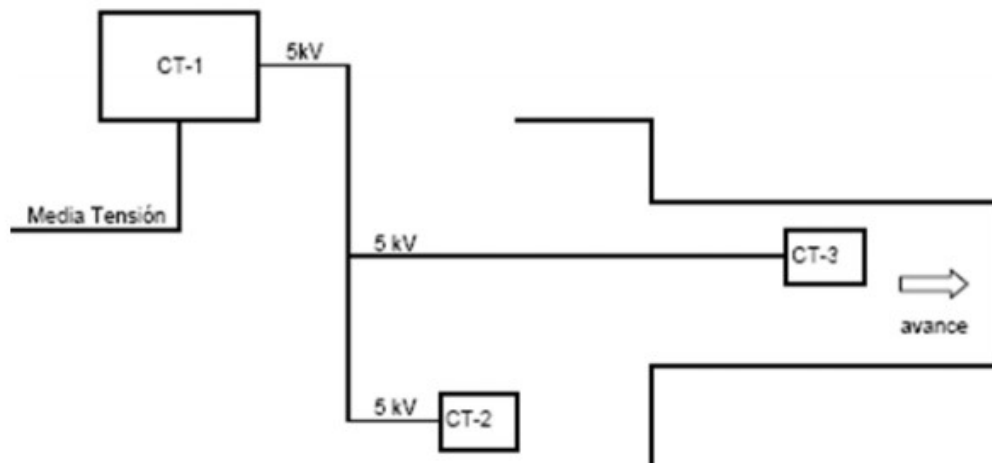


Figura 42. Esquema instalación eléctrica

A continuación, en la tabla 32, se describen los equipos que trabajan desde el exterior (C.T.2).

EQUIPO	TENSIÓN 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 32. Equipos del exterior

Por otro lado, en la tabla 33, se indican los equipos que trabajan desde el interior del túnel (C.T.3).

EQUIPO	TENSIÓN 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	

Tabla33. Equipos del interior

19. Iluminación del túnel

Los aparatos de iluminación se disponen 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 la máxima, para paliar el contraste con la luz solar, disminuyendo paulatinamente a lo largo de unos 40 metros.

La altura a la que se dispone los aparatos de la luminaria es de 4,5 metros. La normativa recomienda que el valor del parámetro A/H (anchura vía/altura luminaria) sea mayor que 1. Como el valor de la anchura es de 9,4 metros y la altura de la luminaria son 4,5 metros entonces: $9,4/4,5 = 2,1 > 1$. Por tanto, cumple este requisito.

En el anejo IX de Planos, en el plano 2 (Definición de la sección del túnel y fases de excavación), se puede observar la ubicación de la luminaria dispuesta lateralmente a la altura de arranque de la bóveda como ya se ha mencionado.

Los aparatos de iluminación escogidos son lámparas de plafón estanco ovalado de 100 W.



Figura 43. Iluminación del túnel

20. Medidas de seguridad. Equipos de protección personal

Deben ser equipos homologados o estar diseñados de acuerdo a estos dos criterios:

- Ser capaces de evitar y prevenir lesiones.
- Ser cómodos y no impedir movimientos.

El equipo de seguridad dependerá del trabajo que realice cada operario, existiendo en cada zona placas de aviso del equipo necesario para realizar cada labor. El equipo básico debe constar de:

- Casco
- Guantes
- Botas de seguridad
- Monos

En el anejo V. Estudio de Seguridad y Salud, se describen estos aspectos de una forma más específica y extensa.

21. Bibliografía

LIBROS:

1. LÓPEZ JIMENO, CARLOS. “Manual de Túneles y Obras Subterráneas ed.1” Madrid. Sin editorial, 1997.
2. LÓPEZ JIMENO, CARLOS. “Manual de Túneles y Obras Subterráneas ed.2” Madrid. Sin editorial, 2011.
3. MARTÍNEZ LÓPEZ, JUAN MIGUEL. Apuntes de la asignatura “Ingeniería de Túneles y Obras Subterráneas” de la Escuela Politécnica Superior de Linares (2016).
4. DONAIRE ÁVILA, JESÚS. Apuntes de la asignatura “Procedimientos de la construcción II” de la Escuela Politécnica Superior de Linares (2017).

PÁGINAS WEB:

1. Instituto Geológico y Minero de España (IGME): www.igme.es
 - Geología:
 - <http://info.igme.es/cartografiadigital/sidimagenes/magna/20032/Informe%20Estratografia%20Tectonica/Informe%20Estratografia%20Tectonica.pdf>
 - <http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/memorias/MMagna0032.pdf>
 - http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/pdfs/d0_G50/Magna50_32.pdf
 - Hidrogeología:
 - http://aguas.igme.es/igme/publica/libros1_HR/libro79/lib79.htm
2. Catálogo de rozadoras Sandvik:
<http://www.home.sandvik/en/>
3. Ministerio de Fomento:
https://www.fomento.gob.es/mfom/lang_castellano/default.htm
4. Catálogo de ventiladores Zitron:
<http://www.zitron.com>

ESTUDIO GEOTÉCNICO:

1. Estudio Geotécnico para el proyecto de cimentaciones de estructuras de edificación en Panes.

PROYECTOS:

1. Universidad de Jaén: “Construcción de un túnel carretero como mejora de un trazado vial ya existente”.

ANEJO I. ESTUDIO GEOTÉCNICO

ÍNDICE ANEJO I. ESTUDIO GEOTÉCNICO

1. Introducción.....	115
2. Objeto.....	115
3. Reconocimiento del terreno.....	115
3.1. Ensayo de sondeos.....	115
3.2. Ensayos de penetración dinámica.....	116
4. Ensayos de laboratorio efectuados.....	116
5. Características geotécnicas del terreno.....	117
5.1. Litología, espesor, extensión y profundidad de los reconocimientos.....	117
5.2. Parámetros geotécnicos.....	117
6. Resultados.....	118

1. Introducción

Para la obtención de los datos geotécnicos, necesarios para realizar los cálculos de excavación, emboquille y sostenimiento, se recurre a estudios geotécnicos de la zona que ya han sido realizados para otro tipo de proyectos de construcción puesto que no se ha podido realizar un estudio geotécnico propio de este proyecto. Además del estudio geotécnico, para los cálculos de excavación, emboquille y sostenimiento, como se indicó en la memoria, también es necesario el estudio geológico.

El estudio geotécnico del que se obtienen los datos es el siguiente: “Estudio Geotécnico para el Proyecto de Cimentaciones de Estructuras de Edificación”, cuyo propietario es el Ayuntamiento de Panes y ha sido realizado por el geólogo José Campón Álvarez.

2. Objeto

Ante la localización geográfica, disposición en planta y ausencia de conocimiento de las características geomecánicas del subsuelo de la zona, resulta necesario determinar los condicionantes geotécnicos del terreno mediante la realización del presente estudio geotécnico a efectos de definir la tipología de construcción más idónea a adoptar en el túnel.

3. Reconocimiento del terreno

Se ha planteado realizar 6 ensayos de campo. Estos han consistido en un sondeo, cuatro penetraciones del tipo DPSH y una calicata en trinchera.

3.1. Ensayos de sondeo

Para la realización del sondeo se ha empleado un equipo marca Tecoinsa modelo T-30, empleando tubos testigueros sencillos y dobles de 1 m de longitud. Como útiles de corte se utilizaron coronas de widia de 46 mm de diámetro exterior, no siendo precisa la utilización de tubería metálica de revestimiento para el sostenimiento de las paredes. En total se realizaron 6,00 m de perforación. La recuperación obtenida fue del 100 % en la totalidad de los tramos litológicos.

3.2. Ensayos de penetración dinámica

Los ensayos de penetración dinámica realizados han servido para definir la posición de las calizas existentes bajo la superficie.

Han sido realizados con un equipo marca Tecoinsa, modelo TP-10 D, conforme a la Norma UNE 103.801, con las siguientes características mecánicas:

- Peso de la maza: 63,5 kg
- Peso del yunque: 8 kg
- Peso varilla-niple: 6kg
- Diámetro del varillaje: 32mm
- Altura de caída: 75 cm
- Sección de puntaza: 20 cm
- Cadencia de golpeo: 15-35 golpes/min

El ensayo consiste en introducir en el terreno una puntaza de sección cónica por medio del golpeo de una maza de peso determinado que cae desde una altura constante. En función del número de golpes necesarios para introducir el cono en el terreno una magnitud fija (en nuestro caso 20 cm.), se puede deducir mediante la fórmula de los holandeses, la carga de hundimiento del terreno a profundidades crecientes. La tensión admisible a la cota deseada se obtiene tomando 1/20 de la carga de hundimiento.

4. Ensayos de laboratorio efectuados

Sobre muestras de terreno obtenidas de los ensayos realizados (categoría B alterada) se ha procedido a llevar a cabo ensayos de:

1. Corte directo del tipo uu según la norma UNE 103.401 (1ud)
2. Densidad aparente húmeda, seca, y humedad natural. UNE 103.300 103.302(1ud)
3. Contenido en sulfatos según UNE 103.202 (1ud)
4. Análisis granulométrico por tamizado UNE 103.101(1ud)
5. Determinación de límites de Atterberg UNE 103.103-104 (1ud)
6. Determinación de la agresividad según EHE (1ud)

5. Características geotécnicas del terreno

5.1. Litología, espesor, extensión y profundidad de los reconocimientos

Se describen a continuación los diferentes tramos detectados en el conjunto de la zona de actuación:

- Nivel 0: Tierra vegetal: arcilla con materia orgánica. Espesor de hasta 0.30 m. No se considera a efectos geotécnicos.
 $Q_{adm} = 0 \text{ kp/cm}^2$
- Nivel 1: Coluvión y aluvial. Su espesor es de hasta 7 m. Continuidad lateral sin variaciones importantes.
 $Q_{adm} = 1.5 \text{ kp/cm}^2$
- Nivel 2: Caliza del sustrato.
 $Q_{adm} = 5.0 \text{ kp/cm}^2$

ENSAYO	Cota de boca	Cota alcanzada
SONDEO N° 1	Terreno	-6.00
PENETRACION N° 1	Terreno	-4.40
PENETRACION N° 2	Terreno	-3.60
PENETRACION N° 3	Terreno	-7.20
PENETRACION N° 4	Terreno	-6.60
CATA N° 1	Terreno	-1.60

Tabla 34. Cuadro general de cotas y profundidad de reconocimiento

5.2. Parámetros geotécnicos

Nivel 1. Sus parámetros son:

- Cohesión = 0.44 kp/cm^2
- Ángulo de rozamiento interno = 4.9° .
- Humedad natural = 19.7%.
- Densidad seca = 1.59 g/cm^3
- Contenido en sulfatos = 0 mg/kg.

Nivel 2. Sus parámetros son:

- Cohesión = 2 kp/cm^2

- Ángulo de rozamiento interno = 25°.
- Humedad natural = 3.53 %.
- Densidad seca = 2.56 g/cm³
- Contenido en sulfatos = 0 mg/kg.

6. Resultados

En la tabla 35 se muestran los parámetros geotécnicos y contenciones obtenidos de los ensayos que se han realizado.

PRESION DE HUNDIMIENTO kp/cm ²	4.5/20.0
PRESION ADMISIBLE DE SERVICIO kp/cm ²	1.50/5.0
RESISTENCIA POR PUNTA Y FUSTE PARA PILOTES kp/cm ²	No procede
EMPUJES DEL TERRENO (más desfavorable)	$\varphi=8^\circ$, $\delta=0^\circ$ $\beta=20^\circ$
MODULO DE BALASTO EFECTIVO (kg/cm ³)	Nivel 1=0.5
ASIENTO MAXIMO ADMISIBLE (mm)	35
ASIENTO MAXIMO PREVISTO (mm)	29.1/1.6
Angulo de rozamiento interno nivel 1	= 4.9 °
Angulo de rozamiento interno nivel 2	= 25 °
Cohesión ($\sigma=Kg/cm^2$.) nivel 1	= 0.44 Kg/cm ²
Cohesión ($\sigma=Kg/cm^2$.) nivel 2	= 2.00 Kg/cm ²
Peso específico aparente del terreno nivel 1	= 1.904 Kp/m ³
Peso específico aparente del terreno nivel 2	= 2.56 Kp/m ³
Profundidad del nivel freático	= no detectado m
Coeficiente sísmico	<0.04 g
Agresividad de las aguas	No (Q _a)
Agresividad del terreno	No (Q _a)
Ripabilidad	Excavabilidad: nivel 1: ripable. Nivel 2: no ripable para marga compacta Estabilidad de taludes: nivel 1: máximo 3H:2V. Nivel 2: 1H:10V

Tabla 35. Parámetros geotécnicos

ANEJO II.

MAQUINARIA

ÍNDICE ANEJO II. MAQUINARIA

1. Introducción.....	121
2. Rozadora.....	121
2.1. Elección rozadora.....	123
3. Retroexcavadora.....	124
3.1. Elección retroexcavadora.....	124
4. Pala cargadora.....	125
4.1. Elección pala cargadora.....	125
5. Dúmpер extravial articulado.....	126
5.1. Elección dúmpер extravial articulado.....	126
6. Gunitadora.....	127
6.1. Elección gunitadora.....	127

1. Introducción

En este anejo se van a describir los tipos de maquinaria que se han utilizado para la construcción de este túnel.

En el apartado 12.1.2., se determinó el modelo de rozadora óptimo para este caso, indicando las características que ésta ofrecía, donde se encontraban las características fundamentales de ésta (altura mínima de corte, potencia y peso). En este anejo se va a incluir una descripción general de qué es una rozadora.

Por otra parte también se van a indicar otro tipo de máquinas que se han utilizado, indicando sus características más importantes.

2. Rozadora

Las rozadoras son máquinas autoportantes en las que la excavación se efectúa por la incidencia del útil de corte con el terreno. Tiene además los elementos necesarios para recoger el material excavado y descargarlo sobre el medio auxiliar previsto para su evacuación.

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

En relación a las condiciones anormales del terreno, las rozadoras presentan indudables ventajas frente a otros sistemas mecanizados, por su gran movilidad.

Permiten modificar el sistema de excavación de inmediato, tanto si la máquina se ve rebasada por una excesiva dureza de la roca que obliga al empleo de explosivos, como si aparecen rocas muy blandas que recomiendan el empleo transitorio de excavadoras o métodos manuales. También se adaptan fácilmente a cualquier tipo de sostenimiento.

La fuerza horizontal se ejerce con el giro del brazo y la fuerza vertical con el peso de la rozadora. Aprovecha bien el empuje en la dirección perpendicular al frente del túnel.

El tipo de pica más común utilizada es la pica cónica.

Ventajas que ofrece el empleo de rozadoras:

- Es un sistema que admite alta mecanización.
- Reduce sobre-excavaciones en relación con el uso de explosivos.

- No altera prácticamente las características iniciales de la roca.
- Reduce la cuantía del sostenimiento frente al uso del explosivo.
- Se adapta mejor que otros sistemas a la ejecución por fases.

A continuación, en la figura 44 se muestra una imagen con las partes fundamentales de las rozadoras.

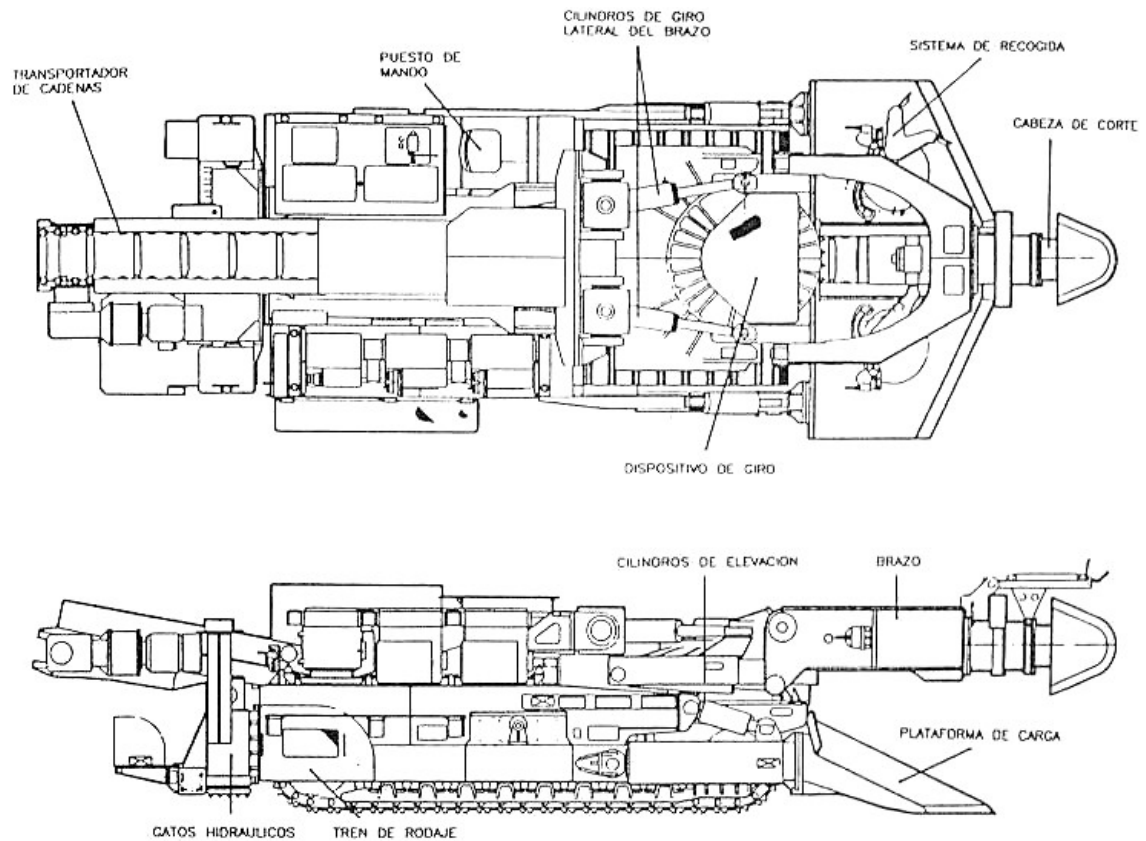


Figura 44. Partes de las rozadoras

Ventajas que ofrece el empleo de rozadoras en comparación con tuneladoras:

- Mayor flexibilidad para adaptarse a cualquier cambio de terreno.
- Se puede utilizar en una amplia gama de secciones, tanto en relación con su forma como en sus dimensiones.
- Su instalación es fácil y económica.
- El porcentaje de mano de obra especializada es pequeño.

- En rocas de mala calidad permite un mejor acceso al frente para efectuar los trabajos de sostenimiento.
- Permite efectuar la excavación en fases, lo que es decisivo en terrenos de mala calidad.
- El mayor rendimiento de avance del TBM es neutralizado por la incidencia del tiempo de los trabajos de sostenimiento.

2.1. Elección de la rozadora

Como ya se ha mencionado, en el apartado 12.1.2. del índice de la memoria, se determinó qué tipo de rozadora y qué características eran las más adecuadas para esta construcción. A modo de recordatorio, se exponen a continuación el modelo y características fundamentales.

Modelo de rozadora: Sandvik MR-340X, obtenida de la página web de la empresa Sandvik. En la figura 45 y en la tabla se muestra este modelo citado y sus características fundamentales respectivamente.



Figura 45. Modelo de rozadora

Altura mínima	m	3,5
Potencia media requerida	kW	158,94
Peso aproximado (Tn)	Tn	50-60

Tabla 36. Características fundamentales rozadora

3. Retroexcavadora

Para la labor del emboquille es necesaria una retro. Es una máquina autopropulsada sobre ruedas con un bastidor especialmente diseñado para montar a la vez un equipo de carga frontal y otro de retroexcavación trasero de forma que puedan ser utilizados alternativamente.

Es una máquina muy versátil y rentable en una obra, prácticamente imprescindible. Realiza tareas de excavación, pala de carga, martillo rompedor, barredora, apertura y relleno de zanjas, acopio de detritus en obras de pantallas y pilotes, etc.

3.1. Elección de la retroexcavadora

Como se aprecia en la figura 46, se ha elegido un modelo de retroexcavadora cargadora CATERPILLER 420F/420 IT.



Figura 46. Modelo de retroexcavadora

Sus características fundamentales son las mostradas en la tabla 37:

Potencia Neta	kW	70
Profundidad de excavacion	m	4,36
Peso en orden de trabajo	kg	11000

Tabla 37. Características fundamentales retroexcavadora

4. Pala cargadora

Para las tareas de desbroce y limpieza del emboquille, así como para la carga de materiales sueltos en la fase de excavación del túnel, se utiliza una pala cargadora. Es una máquina autopropulsada equipada con cuchara frontal y un sistema de brazos accionado por cilindros hidráulicos, cuya función principal es:

- Cargar materiales
- Transportarlos a distancias mínimas.

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

Los tiempos de ciclo son superiores a los retroexcavadores. Además, necesitan un amplio espacio de trabajo para maniobrar.

4.1. Elección de la pala cargadora

Como se aprecia en la figura 47, se ha elegido un modelo de pala cargadora CATERPILLER sobre ruedas 918 M.



Figura 47. Modelo de pala cargadora

Sus características fundamentales son las mostradas en la tabla 38:

Potencia Neta	kW	86
Volumen cazo	m ³	4,36
Peso en orden de trabajo	kg	9491

Tabla 38. Características fundamentales pala cargadora

5. Dúmpер extravial articulado

Para la carga de material a través 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, y más apropiados para circular por pistas interiores de la obra. Aptos para carga de tierras o rocas, es decir, todo tipo de material.

Son muy versátiles y con gran capacidad para maniobrar con radios de giros reducidos y malas condiciones del terreno.

5.1. Elección del dúmpер extravial articulado

Como se aprecia en la figura 48, se ha elegido un modelo de Dúmpер CATERPILLER 735-C.



Figura 48. Modelo Dúmpер extravial articulado

Sus características fundamentales son las mostradas en la tabla 39:

Modelo de motor	Cat C15 ACERT	
Potencia	kW	300
Volumen	m ³	20,5
Carga útil nominl	Tn	32,7

Tabla 39. Características fundamentales dúmper

6. Gunitadora

Para las tareas de gunitado del túnel se utiliza la gunitadora. Esta máquina proyecta el hormigón que sale expulsado a alta presión por una manguera, pudiendo cubrir cualquier tipo de superficie.

6.1. Elección de la gunitadora

Se utilizará la gunitadora de la marca PUTZMEISTER modelo PM 500 P, expuesta en la figura 49, para las tareas de gunitado del túnel.



Figura 49. Modelo de gunitadora

Sus características fundamentales son las mostradas en la tabla 40:

Motor	Diésel	
Potencia	kW	75
Alcance de pulverización	m	17 metros en vertical 15 metros en horizontal
Peso	Tn	16

Tabla 40. Características fundamentales gunitadora

ANEJO III. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN

ÍNDICE ANEJO III. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN

1. Introducción.....	131
2. Definiciones.....	132
3. Medidas de prevención de residuos.....	134
3.1. Prevención en la adquisición de materiales.....	134
3.2. Prevención en la puesta en obra.....	135
3.3. Prevención en el almacenamiento en obra.....	135
4. Cantidad de residuos.....	136
5. Mediadas para la separación en obra.....	136
6. Destino final.....	137
7. Prescripciones del pliego sobre residuos.....	138
7.1. Obligaciones agentes intervinientes.....	138
7.2. Gestión de residuos.....	139

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 peligros 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. Mediadas 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 IV. LEGISLACIÓN

ÍNDICE ANEJO IV. LEGISLACIÓN

1. Normas e instrucciones consideradas.....	142
2. Cumplimiento de la legislación.....	143

1. Normas e instrucciones consideradas

La normativa utilizada para la redacción del Proyecto es la vigente para Proyectos de la Dirección General de Carreteras, y se indica a continuación:

- 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.
- 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.
- 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 1.990.
- 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 aprueba la “Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)”
- Recomendaciones para el Proyecto de intersecciones del Ministerio de Fomento.
- Real Decreto 1098/2001, de 12 octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.

- Real Decreto 1627/1.997, 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).

2. Cumplimiento de la legislación

El presente Proyecto se refiere a una de las dos partes de una obra completa, en el sentido expresado en los artículos 125 y 127 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por Decreto 1.098/2001, de 12 de octubre. Una vez terminada la otra parte del proyecto, se podrá considerar como tal.

ANEJO V. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE ANEJO V. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

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
1.3.5. Zonas de trabajo, circulación y acopio.....	148
1.3.6. Protecciones colectivas a utilizar en la obra en la obra.....	150
1.3.7. Elementos de señalización y balizamiento de seguridad a utilizar.....	152
1.3.8. Equipos de protección individual a utilizar en la obra.....	154
1.3.9 Normas generales referentes a personal en obra.....	156
1.3.10 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

1.6. Plan de emergencia y evacuación.....	215
1.6.1. Objeto y desarrollo.....	216
1.6.2. Definición y clasificación de las emergencias.....	216
1.6.3. Acciones a emprender.....	217
1.6.4. Otras actuaciones.....	218
1.7. Instalaciones de higiene y bienestar y servicio de primeros auxilios.....	218
1.7.1 Emplazamiento, uso y permanencia en obra.....	218
1.7.2 Cálculo de instalaciones.....	218
1.8 Señalización general de seguridad y salud.....	220
1.8.1 Accesos a la obra.....	220
1.8.2 Circulación por interior de obra.....	221

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 CONSTRUCCIÓN DE UN TÚNEL CARRETERO EN LA N-621 ENTRE ASTURIAS Y CANTABRIA.

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 generales

1.3.1. 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.

1.3.2. 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.

1.3.3. 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.

1.3.5. 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 median te una protección de tablonos 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.

1.3.6. Protecciones colectivas a utilizar en la obra

- Anticaídas 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 pulvígenas. 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.

1.3.7. 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 stop/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.

1.3.8. 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.

- Brazalete reflectante.

1.3.9 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.

1.3.10 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 al siguiente cuadro (tabla 41):

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

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
<i>Triviales</i>	<i>No requieren acción inmediata específica</i>
<i>Fundamentales</i>	<i>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.</i>
<i>Moderadas</i>	<i>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.</i>
<i>Importantes</i>	<i>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 sobrevenido, deberán tomarse las medidas oportunas en un tiempo inferior al de los riesgos moderados</i>
<i>Imprescindibles</i>	<i>No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si esto no es posible, deberá prohibirse el trabajo.</i>

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:

1.4.1. Enfermedades osteo-articulares o agineuróticas provocadas por las vibraciones

Agente: Vibraciones producidas por maquinaria de extracción, transporte, trabajos con herramientas portátiles y maquinas fijas para perforar, 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.

1.4.2 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.

1.4.3. 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.

1.5.2. 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 Amarres	Buena		Media				Media	
Transporte		Limitado	Limitado	Desaconsejado	Limitado			Desaconsejado

Tabla 43. Normas y medidas preventivas

1.5.3. 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 ejecutara mediante uña metálica, realizando la operación desde una zona ya desencofrada.
- Concluido el desencofrado, se apilaran 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 tabloncillos 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 (Dúmpster, 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.

1.5.4. Firmes y pavimentos

Normas o medidas preventivas

Firmes 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 firmes. 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 Firmes 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 extendedora 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.

1.5.5. 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.
 - Deposítense 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.

1.5.6. 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”.

1.5.6.2 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.

1.5.7 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.

1.5.8 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.

1.5.9 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 arcenes.

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 calzada 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, barros 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 contruidos (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 (operaciones de mantenimiento). Botas de seguridad con puntera reforzada (operaciones 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 dúmper 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 dúmper.

A los conductores de los camiones dúmper 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 dúmper.

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 dumperes, 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 dumperes 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 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 extendidora, 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 señalarán 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 tabla 44.

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 este ángulo mejor trabajará la eslinga.

Comprobaciones:

- Las eslingas y estobos 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 una 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 vengan 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, caliente 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.

1.8.2 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

ÍNDICE ANEJO VI. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1. Introducción.....	224
2. Identificación de Impactos.....	224
3. Variables ambientales susceptibles de recibir impactos.....	225
3.1. Geología.....	226
3.2. Suelos.....	226
3.3. Flora.....	226
3.4. Fauna.....	227
3.5. Paisaje.....	227
4. Matriz de Identificación de Impactos.....	227

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 “San Pedro las Bejeras” 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 “San Pedro las Bejeras”, 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 INIDICADORES 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 VII.
PLIEGO DE
PRESCRIPCIONES
TÉCNICAS

ÍNDICE ANEJO VII. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

1. Objeto del pliego.....	231
2. Legislación y normas aplicables.....	231

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. Restovigente: 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 º 97, de 23 de Abril.

Máquinas

- Real Decreto de 1495/1986 de 26 de Mayo (BOE nº 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 el orden 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 VIII.

PRESUPUESTO

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

CAPÍTULO 001 EXCAVACIÓN**0011**
1.001**m3 EXCAVACIÓN CON ROZADORA**

1,00	768,00	8,50	8,50	55.488,00					
							55.488,00		57,91213.310,08

TOTAL CAPÍTULO 001 EXCAVACIÓN.	3.213.310,08
--	---------------------

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

CAPÍTULO 002 EMBOQUILLE

0021
2.001 **M BULÓN**

248,00	4,50	1.116,00	1.116,00	27,28	30.444,48
--------	------	----------	----------	-------	-----------

0022
2.002 **M2 MALLAZO 150X150X6MM TOTALMENTE COLOCADO**

1,00	24,20	14,80	358,16	358,16	12,83	4.595,19
------	-------	-------	--------	--------	-------	----------

0023
2.003 **M3 HORMIGÓN PROYECTADO**

1,00	24,20	14,80	0,15	53,72	53,72	76,73	4.121,94
------	-------	-------	------	-------	-------	-------	----------

TOTAL CAPÍTULO 002 EMBOQUILLE. 39.161,61

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

CAPÍTULO 003 SOSTENIMIENTO

0031
3.001 **M BULÓN**

608,00	3,00	13.824,00		
		13.824,00	27,28	377.118,72

0032
3.002 **M2 MALLAZO 150X150X6 TOTALMENTE COLOCADO**

1,00	768,00	20,63	15.843,84	
			15.843,84	12,83 203.276,47

0033
3.003 **M3 HORMIGÓN PROYECTADO**

1,00	768,00	22,56	0,12	2.079,13	
				2.079,13	76,73 159.531,64

0034
3.004 **M CERCHA TH-21**

512,00	20,63	10.562,56		
		10.562,56	64,95	386.038,27

TOTAL CAPÍTULO 003 SOSTENIMIENTO..... 1.425.965,10

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

CAPÍTULO 004 REVESTIMIENTO

0041 M2 ECONFRADO Y DESENCOFRADO

4.001

1,00	768,00	19,33	14.845,44		
				14.845,44	134,61 998.344,68

0042 M3 HORMIGÓN EN MASA PUESTO EN OBRA

4.002

1,00	768,00	19,33	0,30	4.453,63	
				4.453,63	112,44 500.766,16

0043 m² IMPERMEAB. TUNEL CON BENTONITA

4.003

m². Suministro y colocación de geocompuesto de bentonita de sodio natural tipo Voltex DS formado por geotextil tejido (100 g/m²), geotextil no tejido (200 g/m²), bentonita (mínimo 5 Kg/m²) unidos mediante proceso de agujado y lámina de polietileno adherida a una de sus caras para túneles, con p.p. de bentonita granular (1Kg/m) para recebos y elementos pasantes y con p.p de cinta adhesiva tipo Sealtape para sellado de solapes.

1,00	768,00	19,33	14.845,44		
				14.845,44	33,17 492.423,24

TOTAL CAPÍTULO 004 REVESTIMIENTO.					2.991.534,08
--	--	--	--	--	---------------------

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

CAPÍTULO 005 RED DE SANEAMIENTO

0051 m TUBERÍA PVC TEJA SN-4 S/SOLERA 110

5.001

m. Tubería de PVC para saneamiento enterrado SN-4 de 110 mm de diámetro color teja, colocada sobre solera de hormigón HM-20 N/mm², y cama de arena, con una pendiente mínima del 2 %, i/ p.p. de piezas especiales según UNE EN 1329 y CTE/DB-HS 5.

1,00 768,00

768,00

768,00

19,88

15.267,84

0052 ud ARQUETA POLIPROPILENO 40X40 cm

5.002

ud. Arqueta de Polipropileno (PP) de dimensiones 40x40x40 cm, JIMTEN 34003, formada por cerco y tapa o rejilla de PVC para cargas de zonas peatonales, acoplables entre sí y colocada sobre solera de hormigón HM-20 N/mm² de 10 cm de espesor incluida, según CTE/DB-HS 5.

40,00

40,00

40,00

48,63

1.945,20

TOTAL CAPÍTULO 005 RED DE SANEAMIENTO.

17.213,04

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

CAPÍTULO 006 ILUMINACIÓN

0061

6.001

ud PLAFÓN ESTANCO OVALADO h. 100 W

ud. Plafón estanco ovalado base de aluminio lacado y difusor de vidrio mod. BLOB 100 PRISMA ó similar, con lámpara incandescente hasta 100 W/220V, grado de protección IP 45/CLASE I, entrada por rosca, i/portálámparas, replanteo, montaje, pequeño material y conexionado.

155,00

155,00

155,00

20,03

3.104,65

TOTAL CAPÍTULO 006 ILUMINACIÓN.
3.104,65

Código	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
--------	-------------	------	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	-------------

CAPÍTULO 007 VENTILACIÓN

0071

Ventilador JZR 12-37/4

7.001

Ventilador ZITRON modelo JZR 12-37/4 con un empuje nominal de 1292 N, caudal de 35.6 m³/s y una potencia instalada de 37 kW, incluso elementos de sujeción al túnel, embalaje y transporte. instalado.

1,00

1,00

1,00 11.875,98 11.875,98

TOTAL CAPÍTULO 007 VENTILACIÓN.

11.875,98

RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

Código	Capítulo	Total €	
001	EXCAVACIÓN.	3.213.310,08	42%
002	EMBOQUILLE.	39.161,61	1%
003	SOSTENIMIENTO.	1.425.965,10	19%
004	REVESTIMIENTO.	2.991.534,08	39%
005	RED DE SANEAMIENTO.	17.213,04	0,2%
006	ILUMINACIÓN.	3.104,65	0,04%
007	VENTILACIÓN.	11.875,98	0,2%
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.		7.702.164,54	
13 % Gastos Generales.		1.001.281,39	
6 % Beneficio Industrial.		462.129,87	
Suma.		9.165.575,80	
21 % I.V.A. de Contrata.		1.924.770,92	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN.		11.090.346,72	
=====			

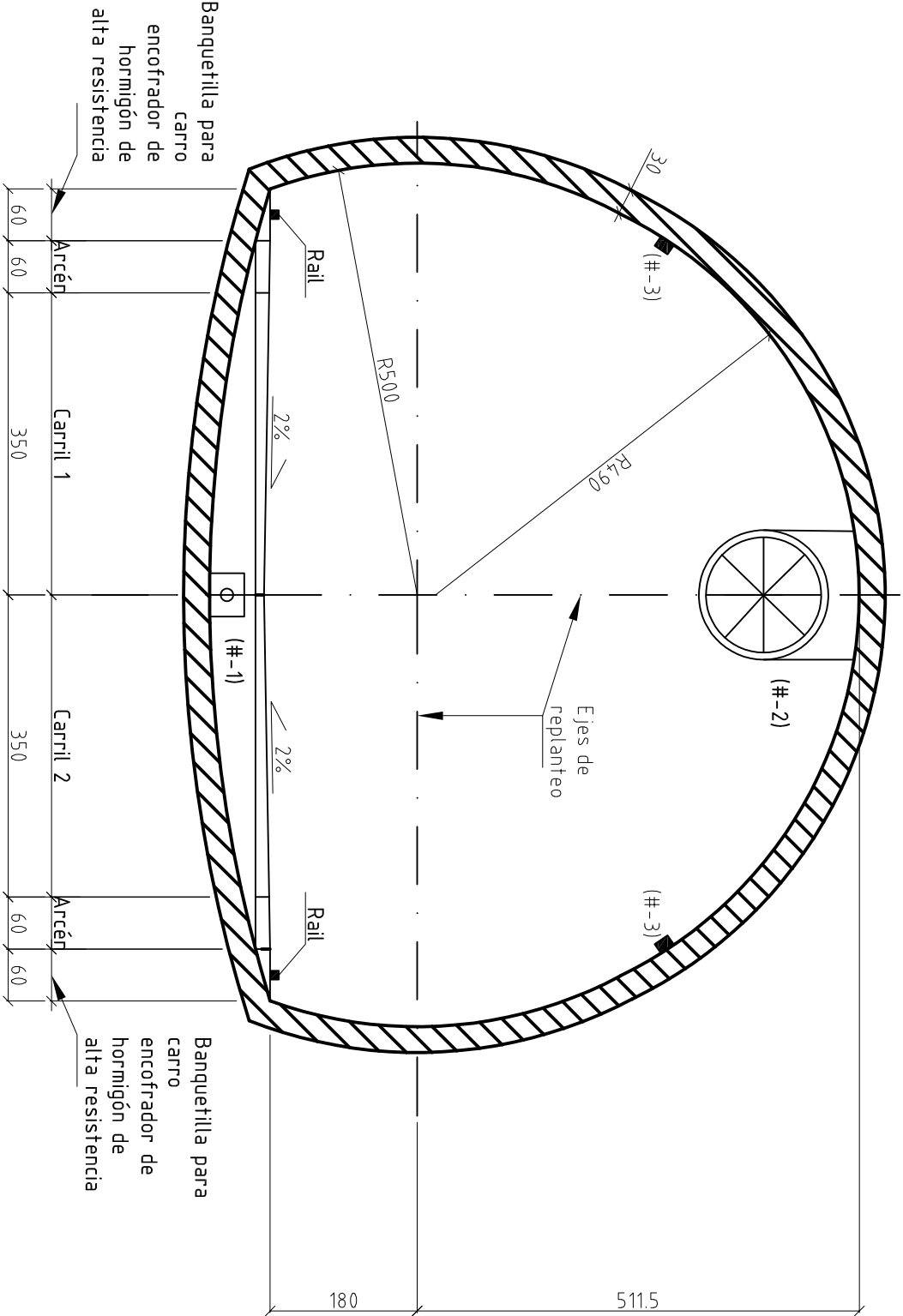
22/08/2017

ANEJO IX.

PLANOS

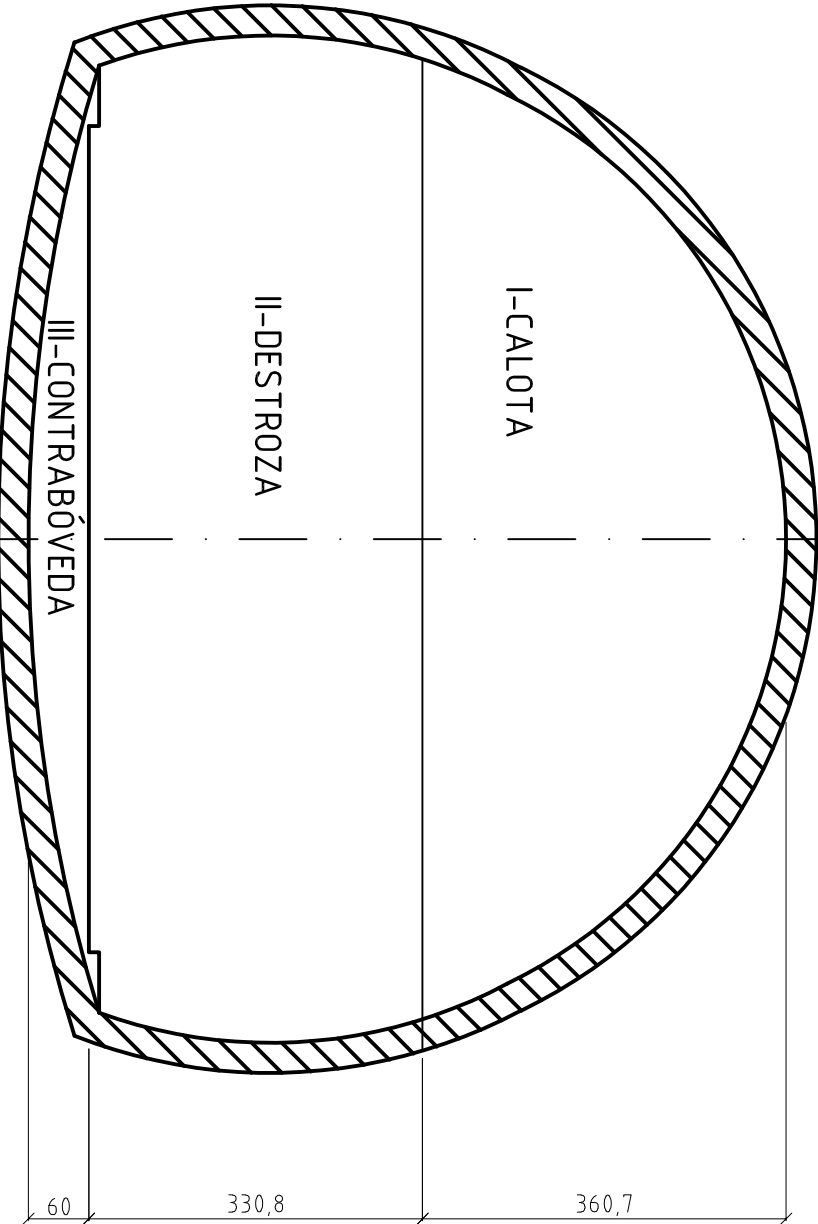
SECCIÓN DEL TÚNEL

ESCALA 1/75 (COTAS EN CM.)



FASES DE EXCAVACIÓN

ESCALA 1/75 (COTAS EN CM.)



(#-1) ARQUETA PARA RECOLECCIÓN DE AGUAS CON TUBERÍA DE Ø100 COLOCADAS CADA 20 METROS

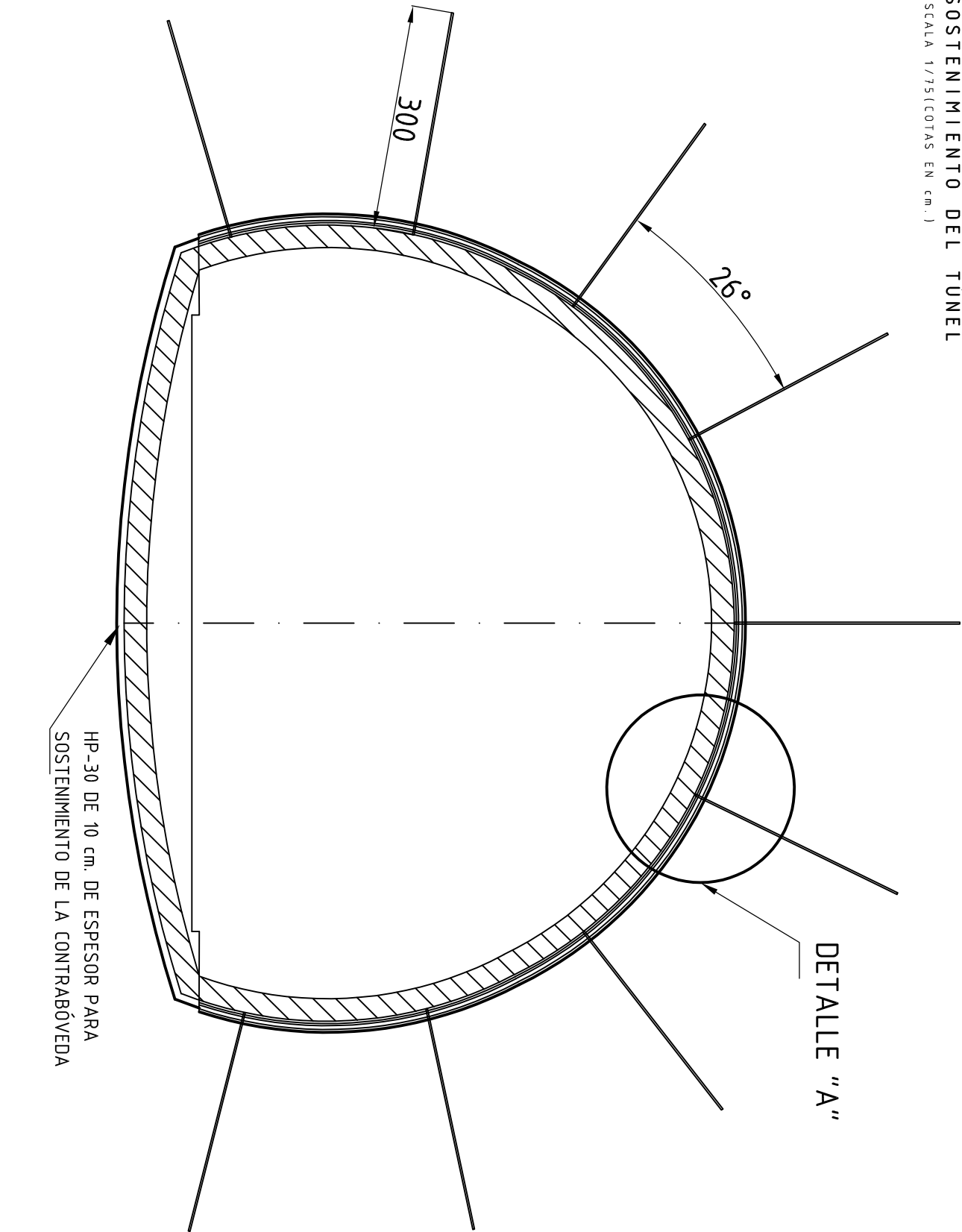
(#-2) SISTEMA DE VENTILACIÓN SOPLANTE COMPUESTO POR VENTILADORES EN SERIE

(#-3) SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMPUESTO POR LUMINARIAS COLOCADAS CADA 5 METROS ALTERNANDOSE EN CADA LADO DEL TÚNEL

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	7/8/2017	Mº D. MILLA		
COMPROBADO				
ESCALA:	DEFINICIÓN DE LA SECCIÓN DEL TÚNEL Y FASES DE EXCAVACIÓN			Nº PLANO 2-3
1/75				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

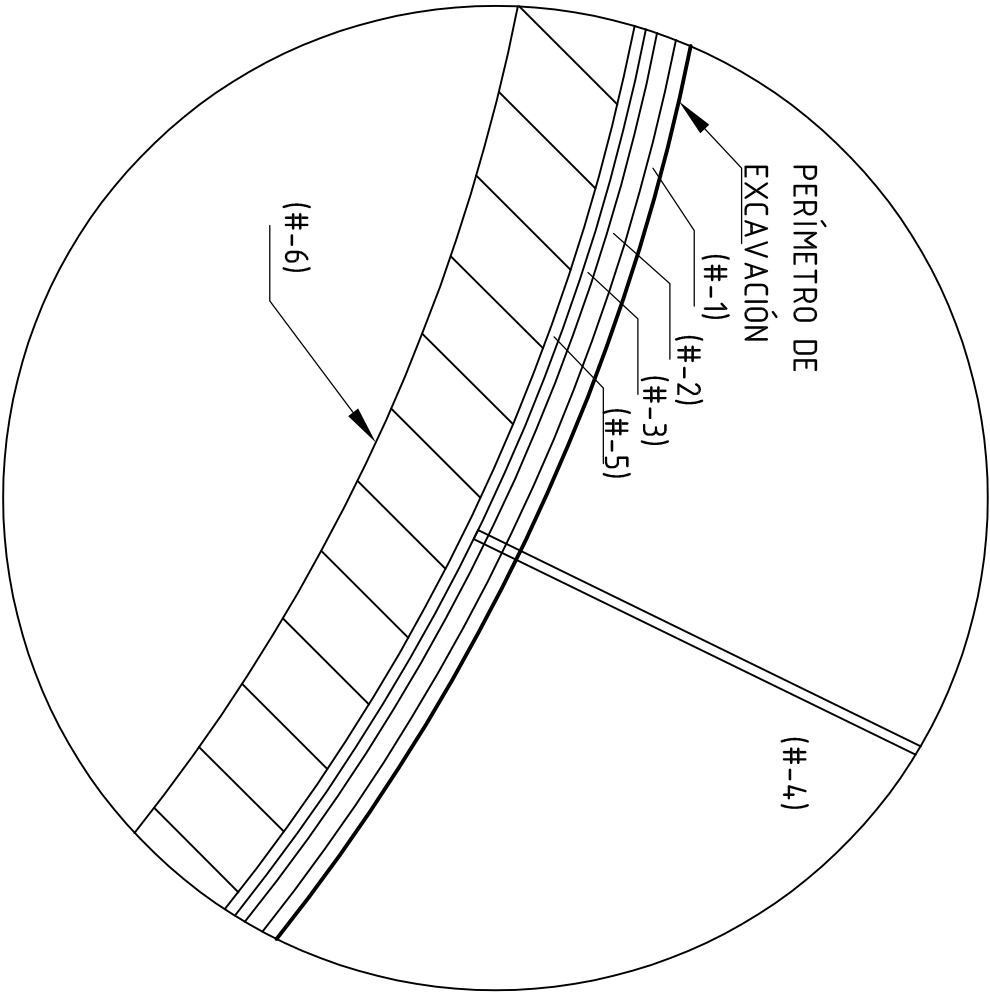
SOSTENIMIENTO DEL TÚNEL

ESCALA 1/75 (COTAS EN cm.)



DETALLE "A"

ESCALA 1/25 (COTAS EN cm.)



(#-1) CAPA DE SELLADO DE HP-30 SOBRE LA ROCA SANEADA DE ESPESOR 4cm.

(#-2) COLOCACIÓN DE MALLAZO SOBRE LA CAPA DE SELLADO, CERCHAS TH-21 CADA 15METROS Y PLACA METÁLICA A MODO DE ENCONFRADO PERDIDO ENTRE LAS CERCHAS

(#-3) RELLENO DEL ESPACIO COMPRENDIDO ENTRE LAS CERCHAS, MALLAZO Y PLACAS CON 2 CAPAS DE HP-30 DE ESPESOR 4 cm.

(#-4) ANCLAJE DE LAS CERCHAS MEDIANTE BULONES DE $\phi 25$ mm DE 3 METROS DE LONGITUD

(#-5) COLOCACIÓN DE UNA CAPA IMPERMEABILIZANTE

(#-6) REALIZACIÓN DEL REVESTIMIENTO DEFINITIVO MEDIANTE CARRO ECOFRADOR DE ESPESOR 30 cm.

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	10/8/2017	Mª D. MILLA			
COMPROBADO					
ESCALA:				PLANO DETALLE DEL SOSTENIMIENTO	
VARIAS					
				Nº PLANO	3-3
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	