

# Máster Universitario en Túneles y Obras Subterráneas

**ÁREA: C2**  
**MÓDULO: CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES**

## **CONFERENCIA ESPECIAL**

**PONENTES:** Manuel Romana  
Catedrático de la UPV  
**Día:** 10/03/07  
**Hora:** 16:00 a 18:00

# Una reflexión sobre el papel del Ingeniero Geotecnico en los Túneles

Manuel Romana Ruiz

## El papel del Ingeniero Geotecnico en los Túneles

- El Ingeniero Geotécnico se ocupa del terreno
- Los túneles se construyen dentro del terreno
- Si el terreno falla los túneles colapsan
- Luego el papel del ingeniero geotécnico es determinante

## ¿El papel del ingeniero geotécnico es determinante?

- ¿Quién es el proyectista de un coche?
- ¿Quién es el constructor de un coche?
- Los coches no tienen ni proyectista ni constructor concreto. Los hace un equipo compuesto por muchos especialistas
- Ni siquiera una lavadora tiene proyectista ni constructor concreto
- Un túnel es más complejo que una lavadora pero menos complejo que un coche

Manuel Román Ruiz

El papel del ingeniero Geotécnico en los túneles

3

## En el pasado había Ingenieros protagonistas

- Quizá el último Ingeniero Protagonista fue Manuel Barragán Sebastián que:
  - Concibió y planeó
  - Proyectó
  - Dirigió la construcciónde la Presa de la Serena, el embalse más grande de Europa, en el río Zujar
- Regula la cuenca baja del Guadiana

Manuel Román Ruiz

El papel del ingeniero Geotécnico en los túneles

4

## Presa de la Serena



Manuel Romana Ruiz

El papel del Ingeniero Geotecnico en los tunel

5

- El papel del Ingeniero Geotecnico en un tunel se parece al del Ingeniero Estructuralista en un edificio
  - Es un miembro del equipo
  - ‘Maneja’ el riesgo de inestabilidad
  - Su función es clave para que el edificio se construya y permanezca
- Pero los edificios no se valoran -ni deben valorarse- sólo por su estructura
- Es mas importante que cumplan su función para el usuario

Manuel Romana Ruiz

El papel del Ingeniero Geotecnico en los tunel

6

## ¿Que significa “manejar” riesgos?

- Hay riesgos de diversas clases
  - De seguridad
    - Para los operarios
    - Para la propia estructura del túnel
    - Para los usuarios (afortunadamente poco frecuentes)
  - Del propietario
    - Económicos
    - De plazos
    - De prestigio, “políticos”
  - Del asegurador

Manuel Román Ruiz

El papel del Ingeniero Geotécnico en los túneles

7

## La sociedad actual no tolera bien los riesgos

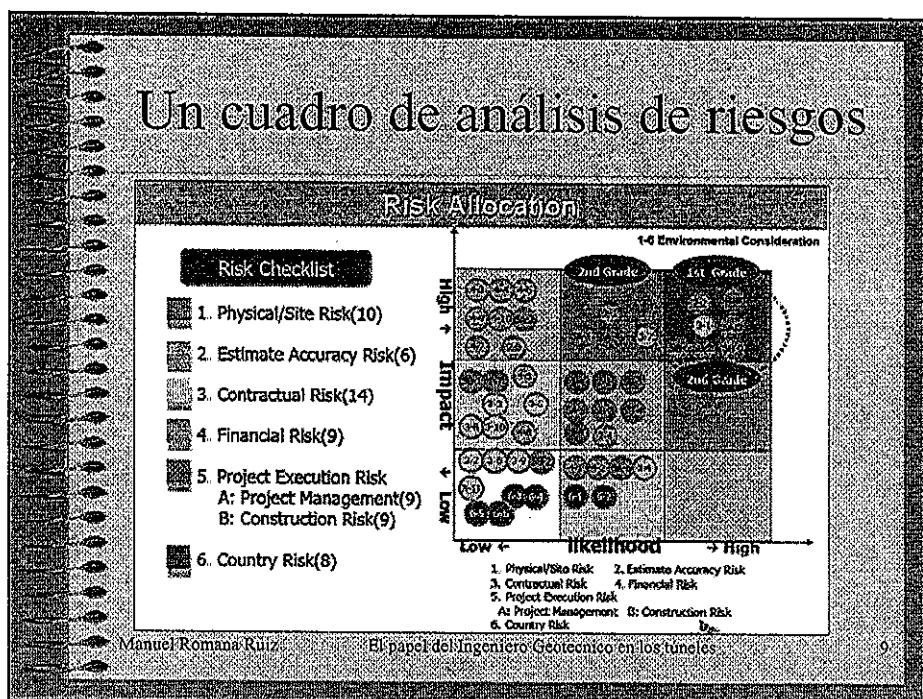
- El “análisis de riesgos” (para eludirlos en lo posible) se ha convertido en una herramienta habitual de toda tarea
- En Ingeniería Estructural el análisis de riesgos se puede percibir en la caracterización de:
  - los estados límites (que son varios y diferentes)
  - los estados de servicio
  - el antiguo coeficiente único de seguridad ha desaparecido
- Se trabaja con varios escenarios simultáneos y con riesgos múltiples

Manuel Román Ruiz

El papel del Ingeniero Geotécnico en los túneles

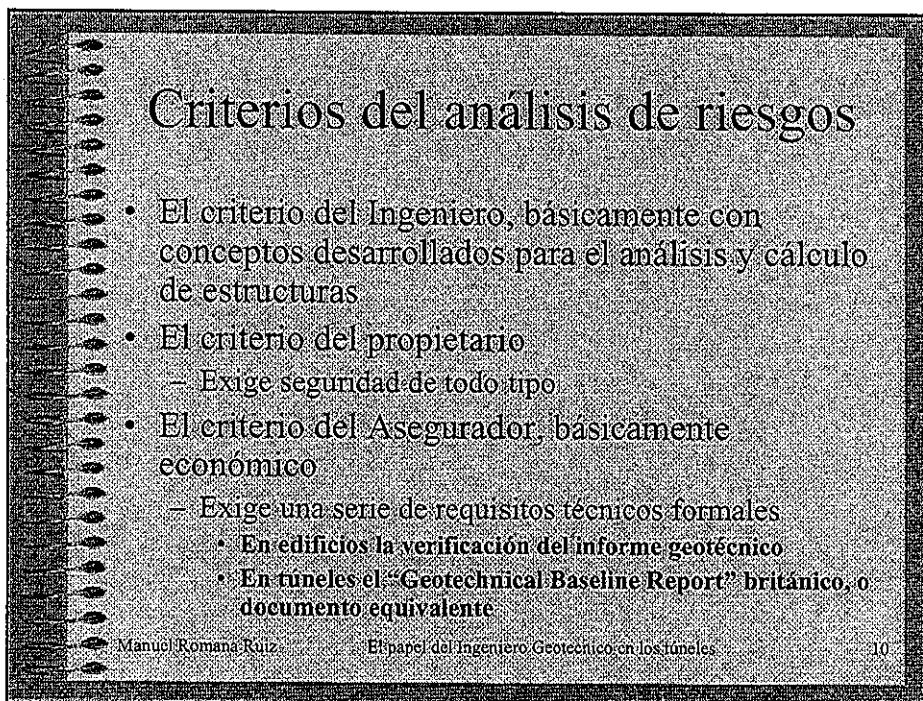
8

## Un cuadro de análisis de riesgos



## Criterios del análisis de riesgos

- El criterio del Ingeniero, básicamente con conceptos desarrollados para el análisis y cálculo de estructuras.
- El criterio del propietario
  - Exige seguridad de todo tipo
- El criterio del Asegurador, básicamente económico
  - Exige una serie de requisitos técnicos formales
    - En edificios la verificación del informe geotécnico
    - En túneles el "Geotechnical Baseline Report" británico, o documento equivalente



## Documentos que pide el seguro 1/3

APPENDIX B: Schedule of Deliverables for use by Contract Managers

Clause	Deliverable	Prepared by	Scope and Intent
<b>PROJECT DEVELOPMENT STAGE</b>			
6.2.4	Site Investigation - Factual Reports	Client	To assess ground conditions and obtain an understanding of the level of investigations carried out.
6.3.2	Risk Assessments of Project Options	Client	To demonstrate that risks associated with project options have been assessed at an early stage.
<b>CONSTRUCTION PROCUREMENT STAGE</b>			
7.2.3 - 4	Contract Documentation	Client	To assess level of information supplied to tenders including disclosure of hazards and associated risk identified during the Project Development Stage.
7.2.5 & 7.2.8	Ground Reference Conditions	Client or Tenderers	To assess identified site and ground conditions hazards established from investigations
7.2.9	Key Method Statements	Tenderers	To assess construction methods, materials and plant identified by tenderers
7.2.10	Risk Assessment	Tenderers	To assess tenderers' perceptions and attitude to risk
7.3.1	Tender Risk Register	Tenderers	To demonstrate how the tender submission adequately and appropriately covers for risks identified and to be allocated to the Contractor.

Manuel Romana Ruiz

El papel del Ingeniero Geotecnico en los tunel

DESIGN STAGES			
8.1.3	Design Brief	Client / Contractor	To confirm that scope of works has been identified appropriately.
8.3.5	Schedule of Third Party Infrastructure	Designer	To demonstrate that Third Party exposure and an assessed level of damage have been carried out.
8.3.1	Constructability Reviews	Designer	To demonstrate that appropriate assessments of the constructability of the design have been carried out, such assessments including health and safety considerations.
<b>CONSTRUCTION STAGE</b>			
9.2.1	Project Risk Management Plan	Contractor	To demonstrates the means and methods of regular monitoring and review of the Construction Stage Risk Register by risk owners for the Construction Stage.
9.3.1	Construction Stage Project Risk Register	Contractor	To confirm the owners of risks, actions and measures to mitigate the impact of the risks during the Construction Stage including risks identified by the Contractor as well as project related risks brought forward from the Client's Risk Register.
9.4.1	Site Organisation Chart	Contractor	To provide information on the reporting structure and lines of communication of key personnel and persons nominated for safety critical work and self-certification (where required under the Contract).
9.4.5	Training Plan	Contractor	To demonstrate how the Contractor intends to ensure all staff are and will remain adequately and suitably trained for the positions and responsibilities that they are to hold.

Manuel Romana Ruiz

El papel del Ingeniero Geotecnico en los tunel

12

2/3

3/3

9.6.2	Method Statements	Contractor	To demonstrate and confirm working methods and plant, materials and level of labour to be used.
9.6.3	Inspection and Test Plans	Contractor	To demonstrate the Contractor's and Client's attitude to quality control and quality assurance.
9.6.4	Risk Assessments	Contractor	To demonstrate that hazards and associated items involved in the construction works have been fully identified and assessed for inclusion in the Construction Stage Risk Register.
9.6.7	Independent Supervision Assurance	Contractor	To demonstrate how the Contractor will control and maintain independent supervision of the construction checking process in the case of Self-Certification.
9.6.8	Plant Selection Criteria	Contractor	To identify key plant and the maintenance regime e.g. level of spares, frequency of inspection, Maintenance staff (to be included in Method Statements)
9.7.1	Management Plan	Contractor	To identify and demonstrate the systems the Contractor intends to use to manage and control the construction process with regards to the requirement of the Contract and also with regard to identifying that the Contractor is working to current accepted best practice.
9.7.4	Audit Plan	Contractor	To demonstrate the Contractor's approach to internal and external auditing of the construction process.
9.9.2	Value Engineering Proposals	Contractor	To identify deviations from the original design, changes in methods to be used, changes to design parameters and implications including risks, perceived benefits accompanied by appropriate risk assessments.

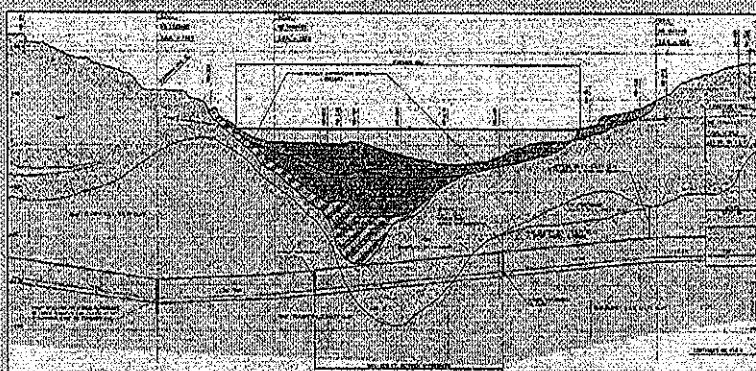
Manuel Romana Ruiz      El papel del Ingeniero Geotécnico en los túneles      13

¿Puede realizarse un “análisis de riesgos” de un túnel?

- No puede realizarse un “análisis de riesgos” global de un túnel
- Empezaría a ser normal el análisis de riesgos “de uso” durante la explotación
  - Se consideran diversos escenarios
  - Se intenta prever las diferentes respuestas
  - Se jerarquizan los riesgos
  - Se adopta una “valoración” global (p.ej. EuroRap)
- El análisis de riesgos de construcción se plantea con las herramientas del cálculo de estructuras

Manuel Romana Ruiz      El papel del Ingeniero Geotécnico en los túneles      14

## Perfil geológico del túnel bajo el canal navegable Sound Transit



## Perfil publicado después de la construcción

• Manuel Romana Ruiz

El papel del Ingeniero Geotecnico en los tunel

15

# El análisis de riesgos durante la construcción

- No hay eurocódigo que cite los tuneles
  - Las normativas oficiales consideran estados límites, como para las estructuras "exteriores"
  - Existen modelos teóricos del comportamiento del terreno
  - Hay buenos métodos de cálculo numérico
  - Pero no hay datos suficientes de reconocimiento para calcular cuantitativamente las propiedades tensodeformacionales del terreno
  - Luego los cálculos son aproximativos

- Manuel Romana Ruiz

## **El papel del Ingeniero Geotecnico en los túnels**

16

## Modelación numérica de subsidencia



→ Manuel Romana Ruiz

→ El papel del Ingeniero Geotecnico en los túneles

17

## El proyecto de un túnel es un proceso de varias especialidades

- Prospección y valoración del terreno
  - Geología
  - Geotecnia
- Cálculo
  - Estructural
  - Numérico
- Protección del entorno
  - Medio Ambiente
  - Entorno humano
- Instalaciones de servicio
  - Ventilación
  - Iluminación
  - Control del tráfico
  - Protección contra incendios
  - Informática de sistemas

→ Manuel Romana Ruiz

→ El papel del Ingeniero Geotecnico en los túneles

18

## La construcción de un túnel es un proceso de varias especialidades

Tanto con NATM como con TBM

- Prospección y valoración del terreno
- Construcción civil
  - Excavación
  - Hormigonado
  - Acabado
- Mantenimiento y uso de maquinaria, cada vez más compleja
- Prevención de riesgos de construcción
- Instalaciones provisionales
- Instalaciones definitivas

Manuel Romana Ruiz

El papel del Ingeniero Geotécnico en los túneles

19

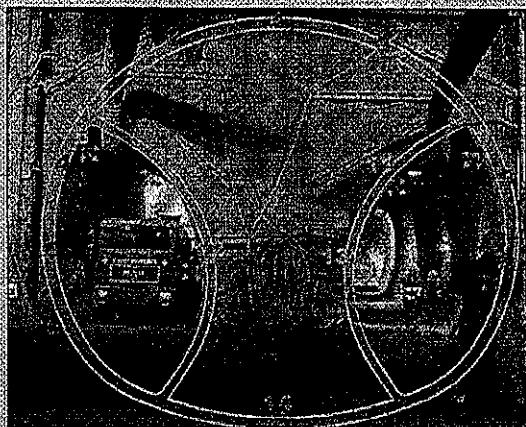
Tuneladora  
entrando  
en túnel

Manuel Romana Ruiz

El papel del Ingeniero Geotécnico en los túneles

20

## NATM, versión austriaca

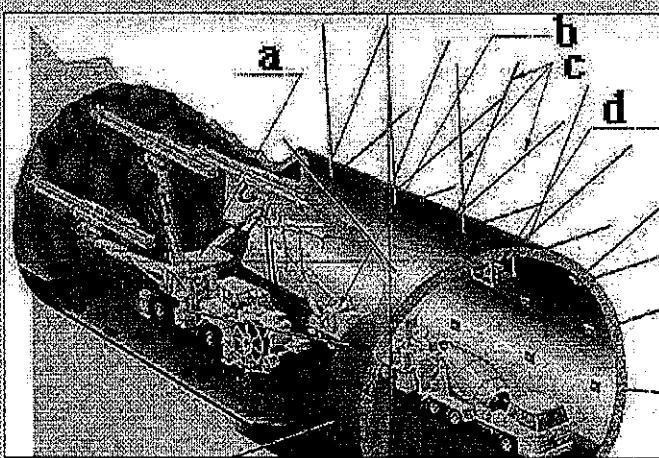


Manuel Romana Ruiz

El papel del Ingeniero Geotécnico en los túneles

21

## NATM, versión japonesa



Manuel Romana Ruiz

El papel del Ingeniero Geotécnico en los túneles

22

## ¿Cuál es el futuro?

- Proyecto + Construcción constituyen dos etapas de un proceso de "fabricación"
  - Los responsables deben interactuar
  - No se termina hasta que el producto está fabricado y testeado
- Las notas de este proceso son:
  - Estandarización
  - Automatización
  - Redundancia
  - Fiabilidad
- Los equipos humanos son multidisciplinares

Manuel Romana Ruiz

El papel del Ingeniero Geotecnico en los túneles

23

## Fabricación en serie de dovelas



Manuel Romana Ruiz

El papel del Ingeniero Geotecnico en los túneles

24

## ¿Cuándo llegará este futuro?

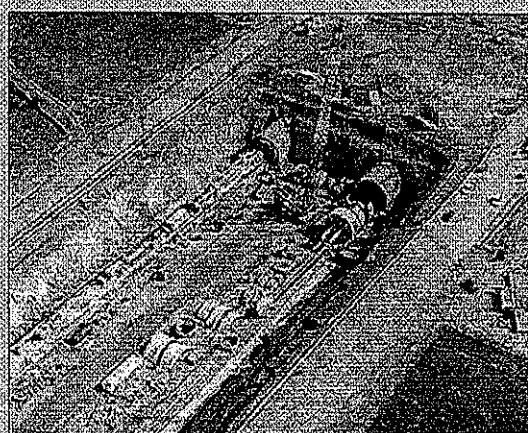
- Este futuro ya está aquí
- Está en marcha:
  - En el túnel ferroviario de Guadarrama
  - En el 3º túnel carretero de Guadarrama
- La incluye los túneles:
  - Con TBM
  - Con NATM
- La exigencia de "industrialización" viene:
  - De los prevencionistas
  - De los aseguradores
  - De los propietarios

Manuel Romana Ruiz

El papel del ingeniero geotécnico en los túneles

25

## Túnel de Guadarrama. Boca Norte



Manuel Romana Ruiz

El papel del ingeniero Geotécnico en los túneles

26

## Línea 9, Metro de Barcelona



Manuel Romana Ruiz

El papel del Ingeniero Geotécnico en los túneles

27

## ¿Cuál es el papel del Ingeniero Geotécnico?

- Es uno más del equipo
- Debe intervenir con papel importante
  - En la prospección/reconocimiento
  - En el proyecto como colaborador
  - En la construcción como asesor
    - Para evitar riesgos
      - A las personas
      - Al entorno
      - Al túnel
    - Para asegurar un proceso de construcción fluido

Manuel Romana Ruiz

El papel del Ingeniero Geotécnico en los túneles

28

Realmente ésta charla se ha convertido en

## Una reflexión sobre el papel del Ingeniero en los Túneles

Seguramente vais a continuar en el mundo de los túneles

Sea cual sea vuestra papel sois siempre miembros de un equipo

Buenas Suertes

Manuel Romana Ruitz

# **Master en Túneles y Obras Subterráneas. Área C**

**Cuestiones contractuales y  
económicas en el proyecto y en  
la construcción de túneles**

**Manuel Romana Ruiz**

**Catedrático de Ingeniería del Terreno  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de  
Caminos, Canales y Puertos Universidad  
Politécnica de Valencia. España**

**mromana@stmr.es**

# Los túneles son caros

- Los costes de construcción se desbordan con frecuencia
- Los costes de las instalaciones aumentan rápidamente (entre un 12% y un 35% del coste de la obra civil del túnel de carretera)
- Los túneles viales son caros de mantener
  - Requieren mucho personal de explotación (5 hombres para un puesto de trabajo continuo todo el año)
  - Gastan mucha energía eléctrica en iluminación y ventilación
- El coste de 1 m<sup>2</sup> de túnel es del mismo orden que 1 m<sup>2</sup> de viaducto

# Orden de la presentación

- Funciones de los diversos agentes
- Conocimiento del terreno
- Elección del método de construcción
- Valoración del túnel en el proyecto
- Sistemas de contratación
- Métodos de arreglo de las diferencias económicas

# Orden de la presentación

- Funciones de los diversos agentes
  - Conocimiento del terreno
  - Elección del método de construcción
  - Valoración del túnel en el proyecto
  - Sistemas de contratación
  - Métodos de arreglo de las diferencias económicas

# Agentes

- Propietario
- Planificador/Proyectista de la carretera
- Investigador de la geología-geotecnia
- Proyectista del túnel
- Constructor
- Explotador

# El “propietario” del túnel

- Todo túnel tiene inevitablemente un propietario
- Normalmente es la Administración que construye y explota la red vial
- El propietario aporta:
  - El objetivo del túnel
  - El terreno en que se construirá
- El propietario acaba generalmente teniendo que soportar las desviaciones de costes de construcción y explotación

# Intereses del propietario

- Seguridad durante la construcción y operación del túnel
- Optimización técnica y económica
- Estabilidad presupuestaria
  - En el coste total
    - **De obra civil**
    - **De instalaciones**
  - En el reparto del coste en el tiempo
- Cumplimiento del plazo
  - De construcción de obra civil
  - De instalaciones

# Obligaciones del propietario

- Conocer los objetivos del túnel:
  - Volumen de tráfico esperable
  - Retorno económico directo y/o indirecto
  - Función político-económica
- Conocer los requisitos y secuelas sociales de la construcción y explotación del túnel
- Garantizar el acceso a los terrenos ocupados por el túnel en construcción y explotación
- Garantizar el mejor conocimiento posible del terreno
- Organizar bien el trabajo “en equipo”

# Responsabilidades del propietario

- Seleccionar un equipo competente para
  - La investigación geotécnica (con intervención desde el principio del proyecto)
  - El proyecto
- Plantear la ejecución como un trabajo en equipo
  - Seleccionar un contratista con profesionalidad
  - Trabajar en equipo desde el principio (para evitar las pérdidas de información)
  - Seleccionar un buen equipo de dirección de obra y apoyarlo
- Resolver rápidamente las cuestiones difíciles que se planteen durante la obra
  - Técnicas
  - Económicas

# El “explotador” del túnel

- Puede ser el propietario (directamente o por medio de una empresa de servicio)
- Puede ser un concesionario general del túnel o de una red más amplia
- El explotador “aporta”/convive con los usuarios, a los que debe servir
- El explotador asume, por delegación, las responsabilidades del propietario durante la explotación

# Obligaciones del explotador

- No separarse del fin social del túnel
- Servir a los usuarios
- Conocer sus “usos y costumbres” y ajustarse a ellos
- Conocer el túnel y sus puntos débiles
- Continuar la auscultación prevista
- Mantener el túnel sin permitir su deterioro
- Informar regularmente al propietario

# Orden de la presentación

- Funciones de los diversos agentes
- Conocimiento del terreno
- Elección del método de construcción
- Valoración del túnel en el proyecto
- Sistemas de contratación
- Métodos de arreglo de las diferencias económicas

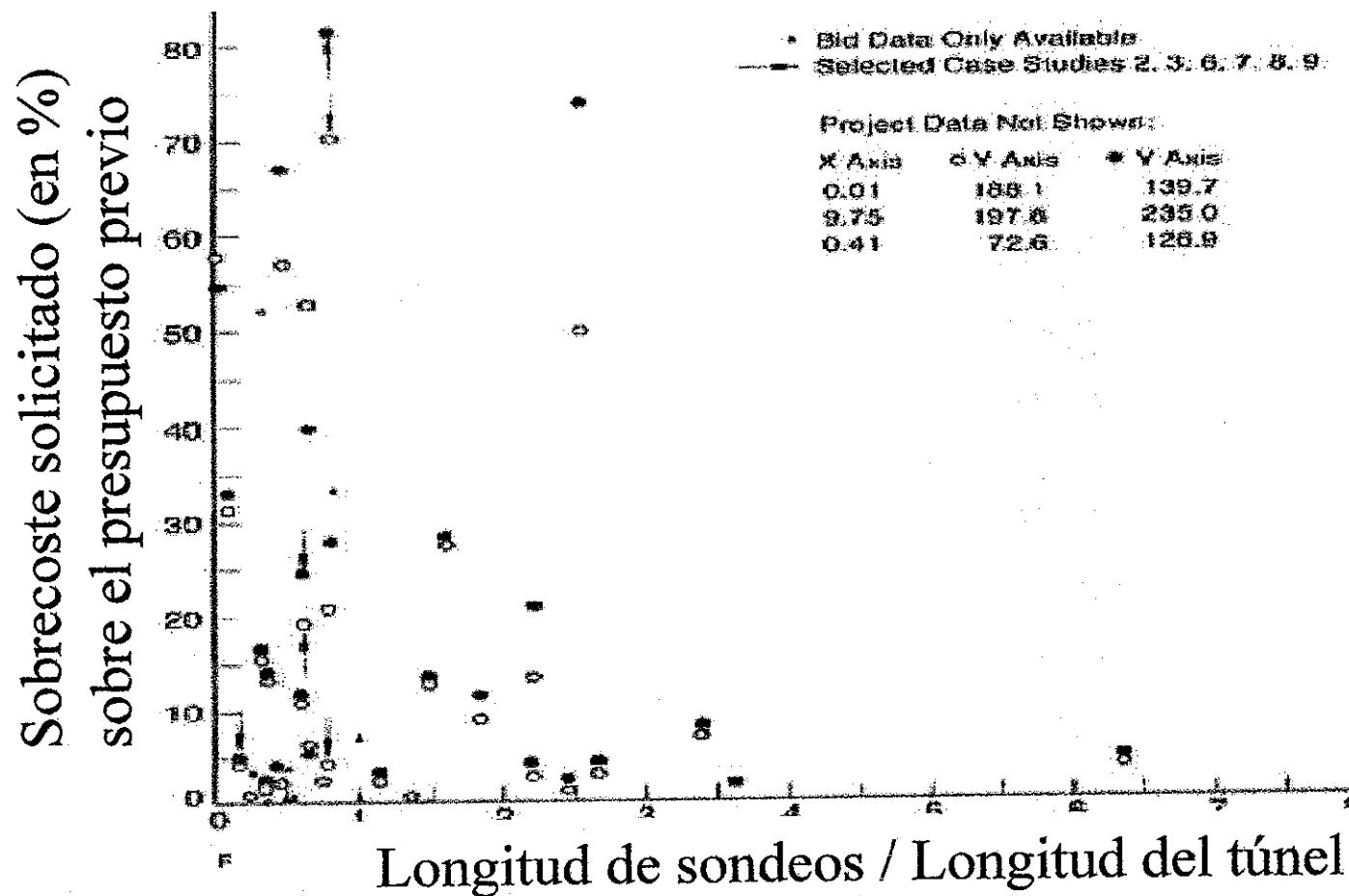
## Estudio del USNC/TT (1984) 1/4

- Realizado por el USNC/TT (U.S. National Committee on Tunnelling Technology)
- Objetivo:
  - Evaluar las prácticas y costes anteriores
  - Analizar la práctica de exploración previa en el proyecto/construcción de túneles
- Causa: la desviación observada de los costes de construcción de los túneles
  - Media: 12% del coste previsto
  - En algunos casos: 50% del coste previsto

# Estudio del USNC/TT 2/4

## Sobrecostes

### Relación entre longitud de sondeos y sobrecostes



## Estudio del USNC/TT 3/4 Proyectos importantes

Recomendaciones económicas para el coste del estudio geotécnico y del proyecto del túnel

- Para las fases de planificación y proyecto
  - Longitud total de sondeos= 0,75 a 1,2 de la longitud total del túnel
  - Coste= 1,5% a 2,25% del coste de construcción
- Presupuesto total= 3% del coste de construcción
  - Incluye contingencias
  - Las contingencias deben ser resueltas con facilidad y rapidez

## Estudio del USNC/TT 4/4

### Proyectos menos importantes

Recomendaciones económicas para el coste del estudio geotécnico y del proyecto del túnel

- Para las fases de planificación y proyecto
  - Longitud total de sondeos= 0,5 a 0,8 de la longitud total del túnel
  - Coste= 1% a 2% del coste de construcción
- Presupuesto total= 3% del coste de construcción
  - Incluye contingencias
  - Las contingencias deben ser resueltas con facilidad y rapidez

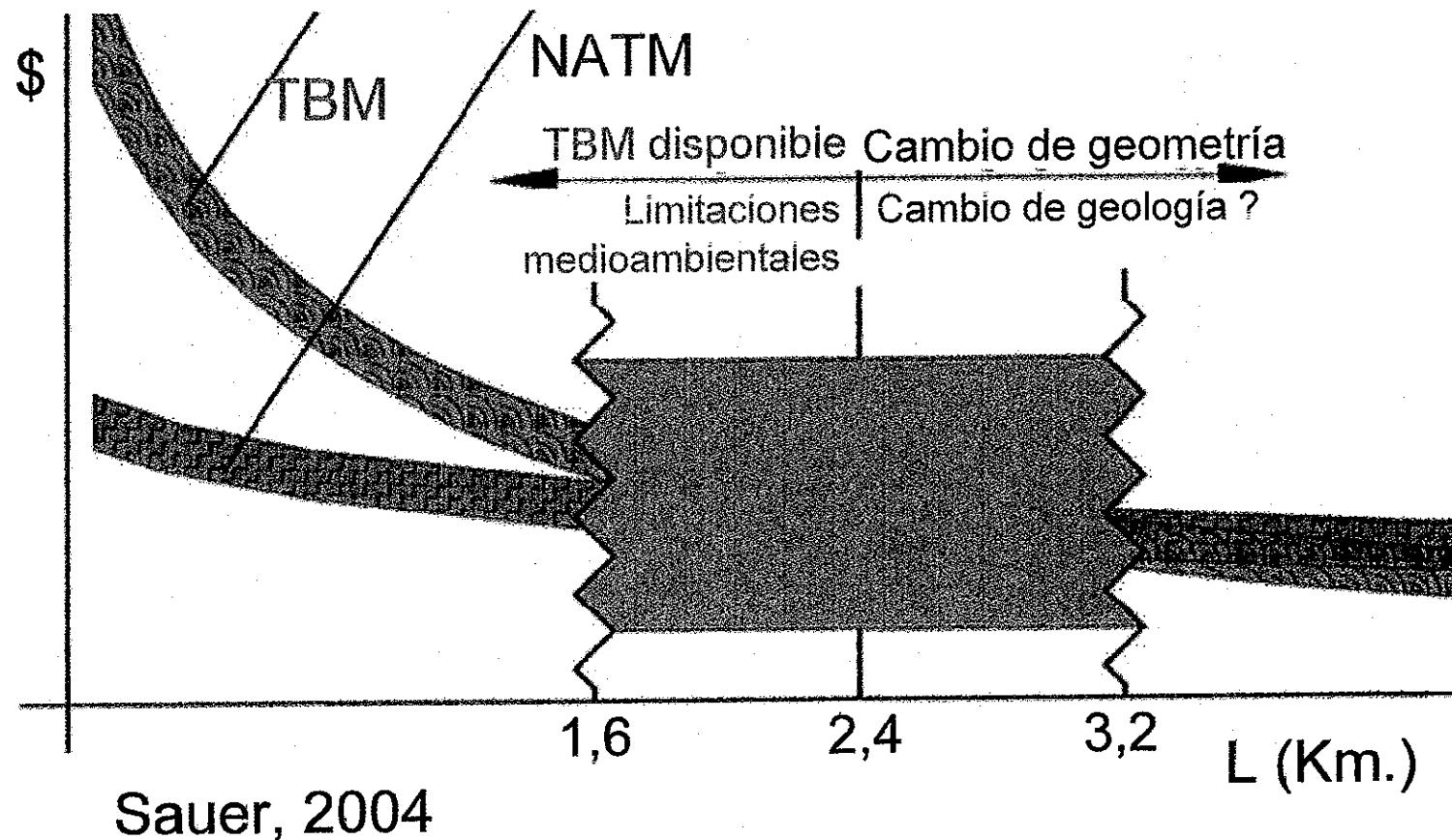
# Orden de la presentación

- Funciones de los diversos agentes
- Conocimiento del terreno
- Elección del método de construcción
- Valoración del túnel en el proyecto
- Sistemas de contratación
- Métodos de arreglo de las diferencias económicas

# Criterios de elección del método

- Desconfiar de los métodos milagrosos que resuelven solos los problemas
- Encarar las dificultades probables
- Buscar y estudiar precedentes de túneles similares
- Valorar las posibilidades de
  - Mecanización integral
  - Uso del nuevo método Austriaco
- Admitir cambios de método debidamente justificados

## Comparación de costes entre TBM y NATM



# Condiciones de „contorno“

- Incertidumbres en el modelo del terreno
  - Requiere la continuación del diseño de detalle durante la construcción, si los túneles son “flexibles”
  - Puede resolverse parcialmente con excavación mecanizada completa y sostentimientos “rígidos”
- El riesgo geológico del propietario requiere:
  - Competencia técnica del propietario
  - Trabajo geológico permanente en la obra
- El N.M.A contiene elementos de un proceso observacional y requiere:
  - Preparación específica antes de la construcción
  - Organización apropiada de la obra
  - Capacidad de decisión sólo por razones técnicas

## Situaciones de riesgo geotécnico con el N.M.A.

- Bajo edificios y tramas urbanas
- En suelos
  - Arcillas sobreconsolidadas deformables
  - Arenas y gravas con poca cohesión
- Bajo nivel freático permanente o semi-permanente
- En estratos de potencia limitada respecto a la dimensión del túnel
- Cerca de los límites entre estratos de naturaleza diferente

# Requisitos del N.M.A.

- El bajo grado de prefabricación requiere:
  - Un proyecto flexible, que pueda ser aplicado en condiciones variables
  - Calidad de ejecución
  - Control de calidad continuo y permanente (incluso en relación con las dimensiones)
  - Ingeniería geotécnica competente en la obra
  - Rapidez en la toma de decisiones (relación fluida entre todos los agentes)
  - Objetividad en la toma de decisiones (por razones técnicas y no económicas)

# Orden de la presentación

- Funciones de los diversos agentes
- Conocimiento del terreno
- Elección del método de construcción
- Valoración del túnel en el proyecto
- Sistemas de contratación
- Métodos de arreglo de las diferencias económicas

# Valoración económica del proyecto

- Evitar los precios “mágicos” con todo incluido, que transfieren aparentemente todos los riesgos económicos al contratista/concesionario constructor
- Incluir en el proyecto unidades, con sus precios, para las condiciones pésimas que pudieran aparecer
- Evitar valoraciones “cerradas” de las unidades contingentes
- Incluir en el presupuesto un “colchón” para contingencias (¿5-10%?)

# Ejemplos de unidades contingentes

- Sobre-excavación cuando se utilizan voladuras
- Volúmenes de hormigón fuera de gálibo, para cubrir las sobre-excavaciones
- Pérdida de hormigón proyectado por rebote
- Capas de hormigón proyectado de espesores nominales reducidos (p.ej. 3 cm)
- Sostenimientos para el cruce de fallas
- Bombeo del agua captada por el túnel

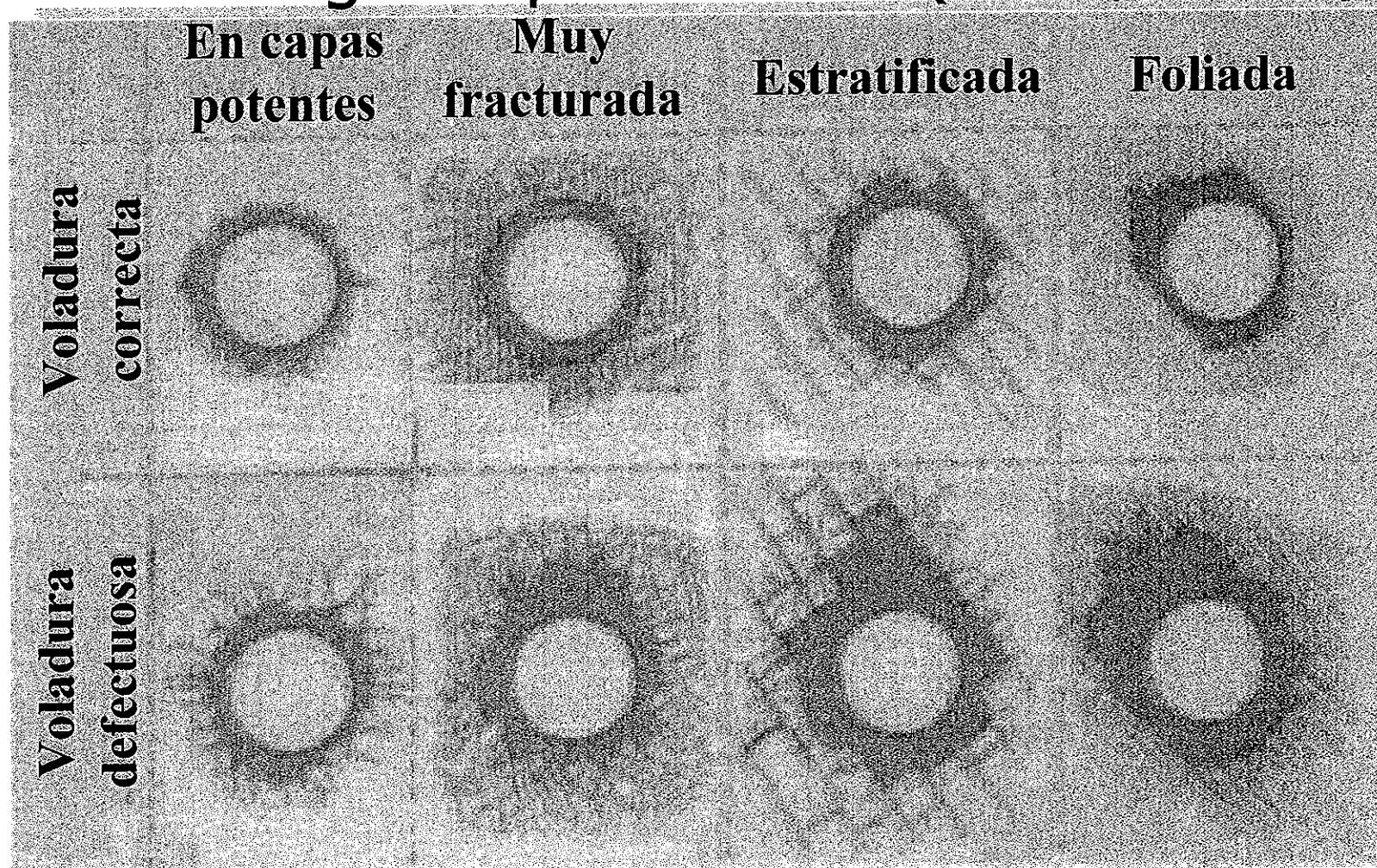
# Sobre-excavación 1/3

## Clases de sobre-excavación

- Sobre-excavación propiamente dicha
  - Huecos de la excavación
  - Modifica el equilibrio de algunos bloques que caen
  - Es un proceso "instantáneo"
- Sobre-excavación por saneo
- Sobreexcavación secundaria
  - Por caída posterior de bloques inicialmente estables
- Sobre-excavación por colapsos y/o golpes de roca ("*rock bursting*")
- Sobre-excavación para perforación
- Sobre-excavación deliberada para prevenir convergencias

## Sobreexcavación 2/3

### Forma según tipo de roca (Stini, 1950)



## Sobreexcavación 3/3

### Magnitud previsible

- Ordenes de magnitud en volumen (%)
  - En general del 6% al 35%
  - Con buena voladura y roca compacta 10%
  - Con mala voladura o roca fracturada 25%
  - Con mala voladura y roca fracturada 35%
  
- Ordenes de magnitud en dimensión (cm)
  - En roca compacta (o con espaciamientos pequeños de juntas) y estable 5-10 cm
  - En roca fracturada, poco estable 15-30 cm
  - En roca compacta pero con juntas continuas con grandes espaciamientos hasta 50 cm

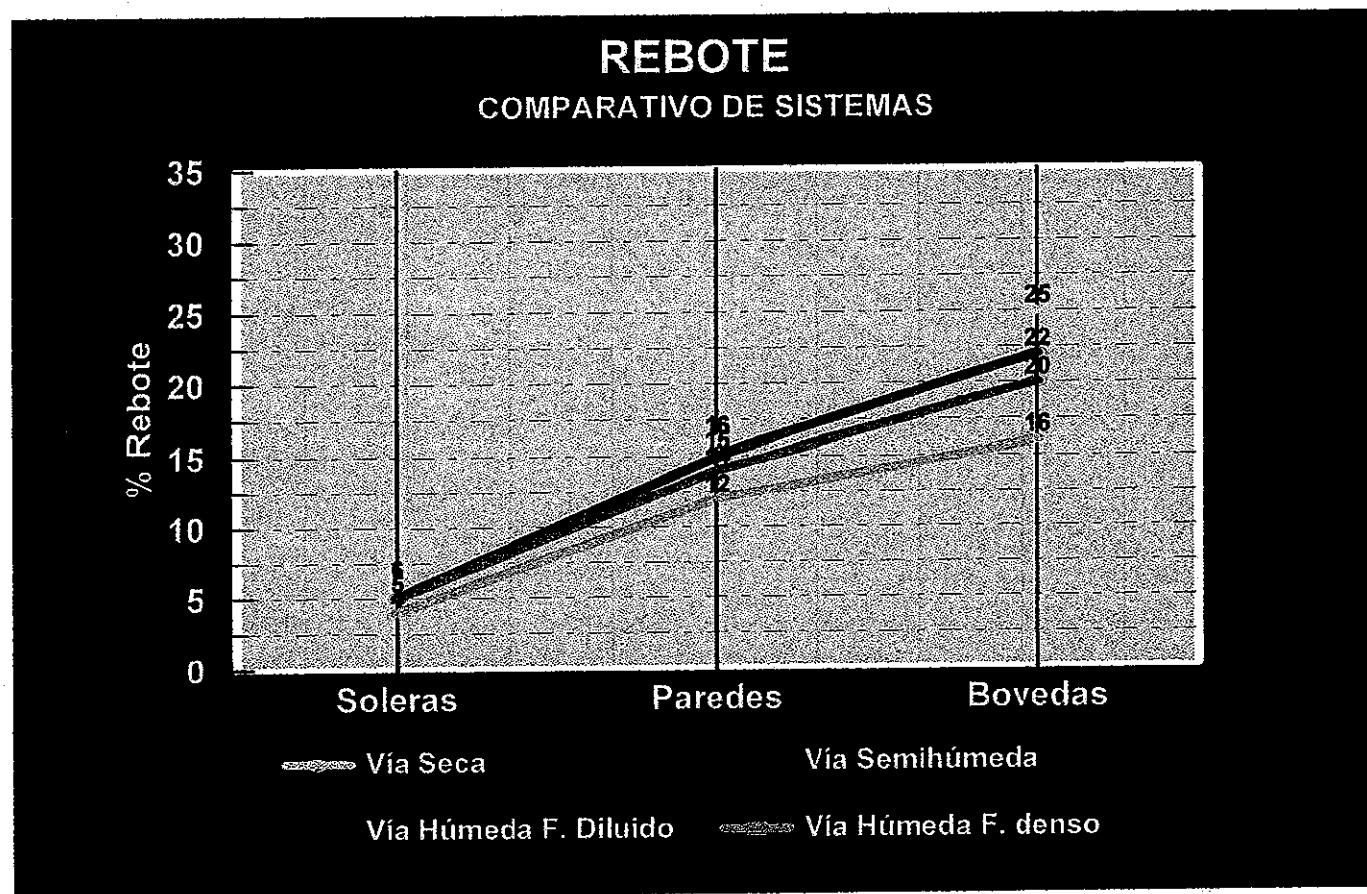
# Perdida de hormigón proyectado por rebote(1/3) Según US Army Manual 1993

EM 1110-2-2005  
31 Jan 93

**Table 6-1**  
**Rebound from Conventional Cement-Aggregate Shotcrete**

Work Surfaces	Percent of Rebound, by Mass	
	Dry-mix	Wet-mix
Floors or slabs	5-15	0-5
Sloping and vertical walls	5-25	5-10
Overhead work	25-50	10-20

# Perdida de hormigón proyectado por rebote (2/3) Según SIKA 2003



Sika, 2003

## Perdida de hormigón proyectado por rebote (3/3)

- Las estimaciones anteriores de las pérdidas por rebote son:
  - Pesimistas
  - Algo antiguas
- Una estimación media según el método de proyección:
  - Vía húmeda 5%
  - Vía seca del 10 al 20%
- El rebote se reduce:
  - Preparando mezclas plásticas
  - Agregando humo de sílice a la mezcla
  - Agregando fibras metálicas (excepto 1<sup>a</sup> capa sobre soporte duro)
  - Limpiando bien el soporte sobre el que se proyecta
  - Proyectando perpendicularmente al soporte

# Orden de la presentación

- Funciones de los diversos agentes
- Conocimiento del terreno
- Elección del método de construcción
- Valoración del túnel en el proyecto
- Sistemas de contratación
- Métodos de arreglo de las diferencias económicas



# Elección del método de contratación

- Buscar métodos flexibles de contratación
  - Que cubran los costes
  - Den más beneficio cuando se cumplen los objetivos (“Administración interesada”)
  - Que tengan en cuenta el cumplimiento de los plazos requeridos
- Prever en el contrato los métodos de dirección y supervisión de obra
- Prever en el contrato los métodos de arreglo de las diferencias

# Valoración económica de las ofertas

- Comprobar las mediciones usadas en las ofertas
- Todo túnel tiene menos de una docena de precios genéricos (de excavación, sostenimiento y de revestimiento, en su caso) que suponen más de un 90% del coste total
- Concentrar el análisis de ofertas en esos precios, comprobando esos precios en las distintas ofertas con su media en todas las ofertas
- Pedir explicaciones cuando en una oferta uno de esos precios genéricos está muy por debajo, o por encima, de la media de los demás ofertantes
- Realizar presupuestos alternativos pesimistas con los precios de las ofertas

# Elección de contratista

- No guiarse solo por el aspecto económico
- No tener en cuenta ningún aspecto político
- Elegir al contratista con
  - Más referencias de proyectos similares
  - Mejor oferta técnica
  - Mejor personal ofertado (no admitir cambios después de la adjudicación y hacer saber esta condición antes de ella)
  - Un presupuesto global menor de la media de las ofertas válidas

# Orden de la presentación

- Funciones de los diversos agentes
- Conocimiento del terreno
- Elección del método de construcción
- Valoración del túnel en el proyecto
- Sistemas de contratación
- Métodos de arreglo de las diferencias económicas



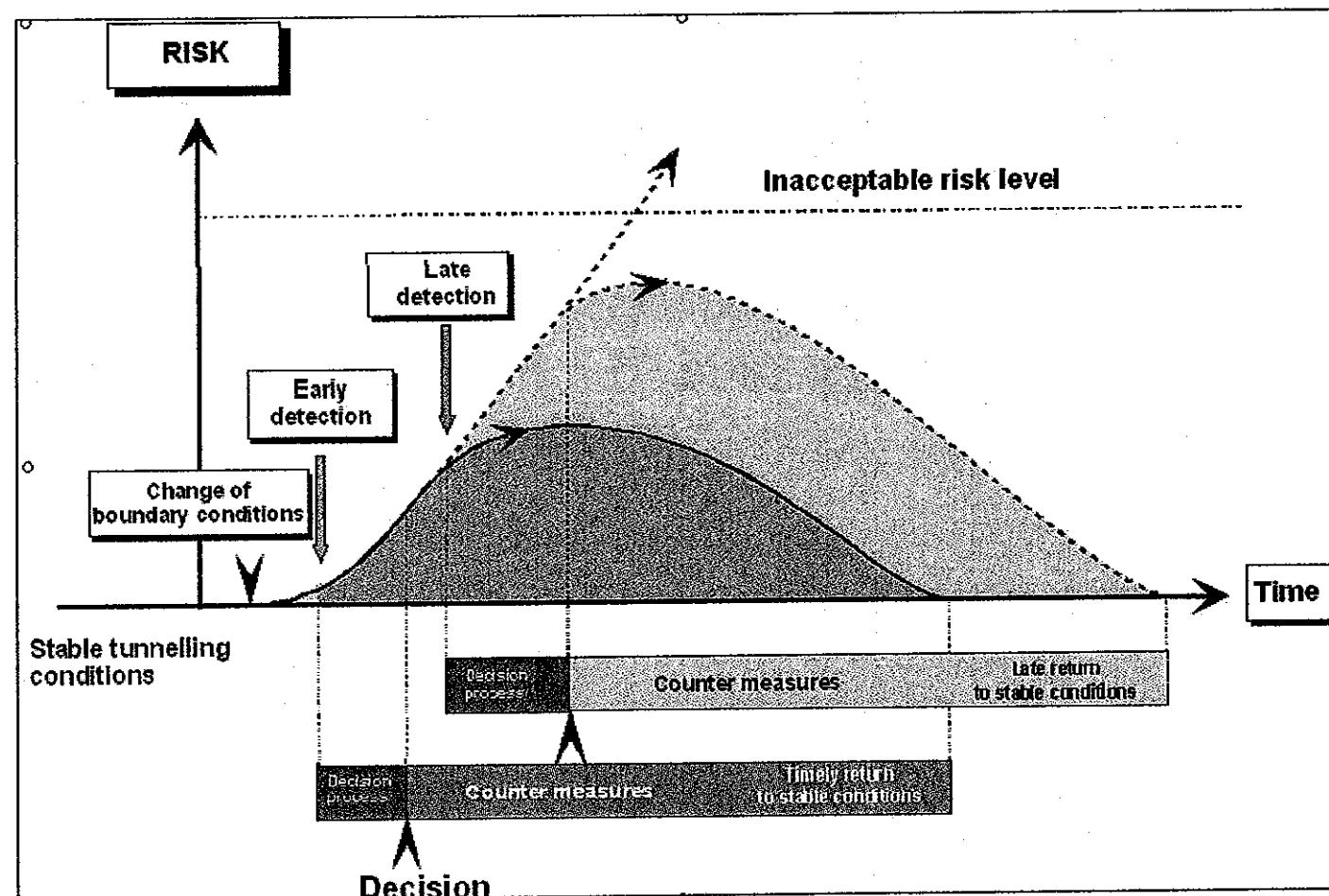
# Arreglo de diferencias económicas

- Si el responsable técnico-económico del túnel se encastilla y se niega a dialogar/negociar con el contratista éste acabará pasando sobre su cabeza y entendiéndose con sus superiores
- Si el responsable técnico-económico del túnel esconde la cabeza bajo el ala y retrasa la toma de decisiones los problemas se agravarán.  
Nunca se resuelven solos
- Si se llega a prescindir del contratista el túnel sufrirá enormes retrasos y sobrecostes. Ha ocurrido muchas veces en todas partes:  
España, Taiwán, Venezuela...

# Organización técnica en la obra 1/2

- La organización técnica de obra debe permitir un tiempo de respuesta rápido
  - Descripción clara de las funciones
  - Estructura clara de información y supervisión
  - Métodos eficientes de toma, tratamiento y evaluación de los datos de la geología, geotecnia e instrumentación de control
  - Mantenimiento de una base de datos de control que permita el acceso fácil a todos los responsables

# Consecuencias del retraso en la toma de decisiones



## Organización técnica en la obra 2/2

- Fijar el comportamiento esperable del sistema y las tolerancias
- Definir criterios de alerta y alarma
- Realizar una auscultación apropiada para comprobar que el comportamiento del sistema está dentro de los límites aceptables, establecidos previamente
- Establecer un plan de medidas de contingencia que deben ser adoptadas en el caso de que el comportamiento diverja del esperado

# No hay salidas fáciles

- Un túnel no puede comprarse como un auto
- Un túnel no puede descambiarse si funciona mal, como una lavadora
- Un túnel es una infraestructura importante que va a prestar servicio probablemente durante más de 100 años
- Un túnel puede ser un agente de cambio importante en la geografía humana del país

# **Master en Túneles y Obras Subterráneas. Área C**

Cuestiones contractuales y  
económicas en el proyecto y en  
la construcción de túneles

Manuel Romana Ruiz

Catedrático de Ingeniería del Terreno  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de  
Caminos, Canales y Puertos Universidad  
Politécnica de Valencia. España

[mromana@stmr.es](mailto:mromana@stmr.es)

*Gracias por su atención*

