

Máster Universitario en Túneles y Obras Subterráneas



ÁREA: A
MÓDULO: GEOLOGÍA

PROBLEMÁTICA DE LOS TÚNELES EN EL CRUCE DE FALLAS

Ponente: Manuel Romana.
Catedrático de 1a UPV
Día: 30/01/07
Hora: 18:15 A 19:15

II Master en Túneles y Obras Subterráneas.

Problemática de los túneles en el cruce de fallas

Manuel Romana Ruiz
Universidad Politécnica de Valencia
STM mromana@stmr.com

Objetivos de esta presentación

- ☐ Puesto que los túneles se excavan en el terreno las condiciones geológicas del terreno serán de gran importancia en su excavación y vida útil
- ☐ La geología de su entorno no es el único dato para prever su comportamiento
- ☐ Pero es el primero que debe conocerse para poder enmarcar la información geotécnica
- ☐ Un especialista en túneles no tiene por qué ser un geólogo (ni un geotécnico) pero debe poder leer e interpretar la información geológica (y la geotécnica)
- ☐ Esta presentación da criterios generales sobre:
 - La clasificación y tipología de las fallas
 - La problemática de los túneles en el cruce de fallas

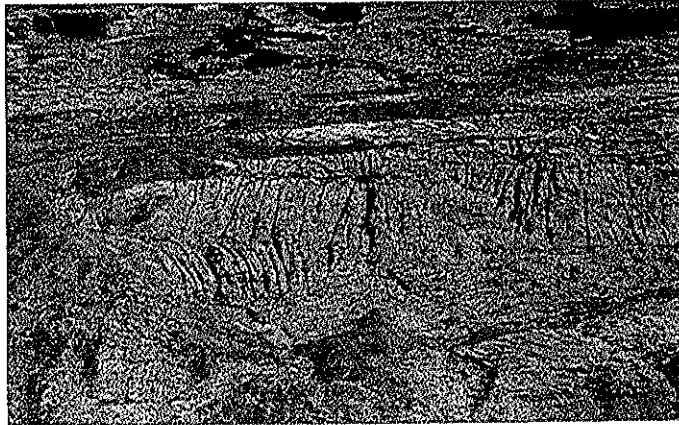
Falla de San Andrés (California)



Fisura entre placas (Etiopía)

3

Falla "en pluma" (Arizona)



Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

5

Clasificación general de las fallas

	Plano de falla	Salto	Movimiento relativo	Denominación	Esquema
De traslación	Inclinado	En la dirección del buzamiento del plano de falla	Labio saliente baja	Normal	
			Labio saliente sube	Inversa	
			Labio saliente sube buzamiento $\leq 10^\circ$	Cabalgamiento	
	Inclinado o vertical	En la dirección de la falla	Labio opuesto a la derecha	Desgarre dextral	
			Labio opuesto a la izquierda	Desgarre sinistral	
	Vertical	En la dirección de la falla	Ambos labios se desplazan respecto a un marco de referencia común, labio opuesto a la derecha	Transformante dextral	
Idem, labio opuesto a la izquierda			Transformante sinistral		
De rotación	Eje normal a la superficie de la falla:			En zizera	
	Eje paralelo a la superficie de la falla:			Cilíndrica	
	Eje inclinado respecto a la superficie de la falla:			Cónica	

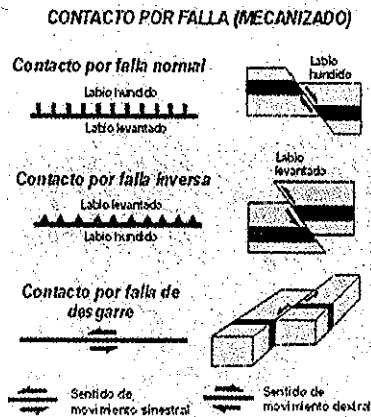
Según Agüeda et al

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

6

Clasificación simplificada de las fallas y accidentes tectónicos similares



- ☐ Contactos mecanizados (todos)
- ☐ Fallas
 - ☒ Fallas directas
 - ☒ Fallas inversas
 - ☒ Fallas de desgarre
- ☐ Mantos de corrimiento
- ☐ "Shear zones"

(González Casado y Giner, 2002)

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

7

Falla evidente en vaguada (Inglaterra)



Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

8

Tipos de milonitos de falla

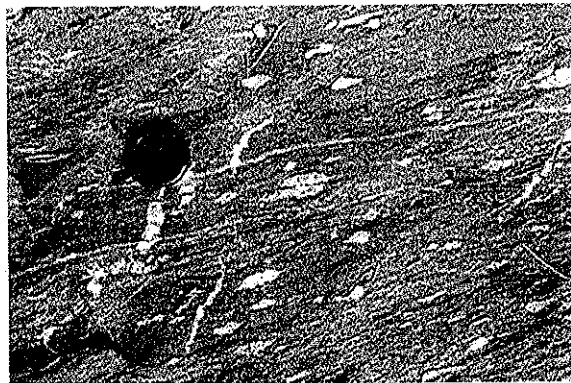
- ☐ En general las fallas con empuje horizontal generaran milonitos de falla
- ☐ Son de la misma mineralogía que la roca de los bordes
- ☐ Están muy trasformados
 - En materiales de origen arcilloso serán arcilla
 - La resistencia al corte de esas arcillas será siempre la residual, a veces muy baja (hasta 15° de ángulo de rozamiento efectivo)
 - En materiales detríticos o calizos serán arena
- ☐ Si ha habido posteriormente una tectónica de distensión las fallas puede estar rellenas por materiales "ajenos" transportados por el agua

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

9

Milonita 1/3



Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

10

Milonita 2/3



Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

11

Milonita 3/3



Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

12



Dique

- ☐ Rellena una falla o fractura
- ☐ Solo puede saberse por el contexto geológico

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

13

Falla en pizarras silúricas



Manuel Romana Ruiz

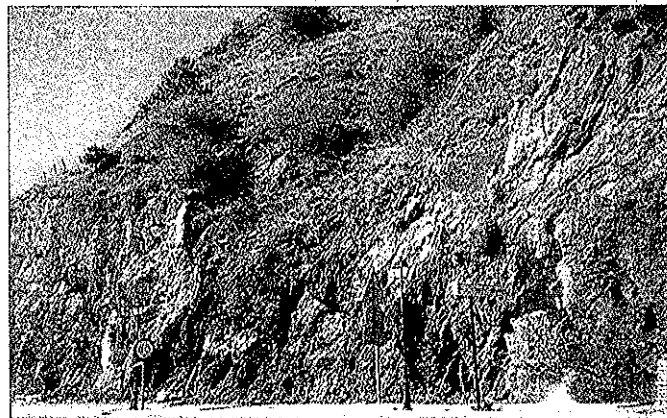
Problemática de cruce de fallas

14

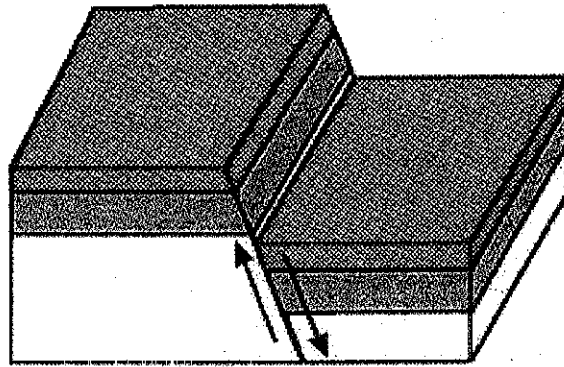
Contactos mecanizados

- ☐ Pueden ser fallas o planos de sedimentación donde se han producido movimientos laterales
- ☐ Sus efectos en los túneles son similares a los de las fallas
- ☐ Los estratos margo-arcillosos pueden estar deformados tectónicamente y no mostrar signos exteriores evidentes.
 - En ese caso la partículas arcillosas tienden a estar alineadas
 - Su resistencia al corte es muy baja

Contacto mecanizado silúrico-devónico



Falla directa. Esquema

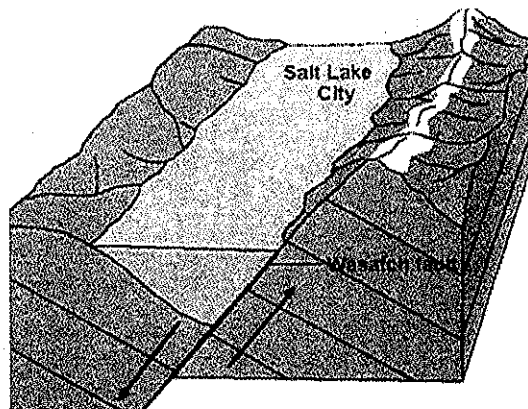


Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

17

Falla directa oculta por sedimentos

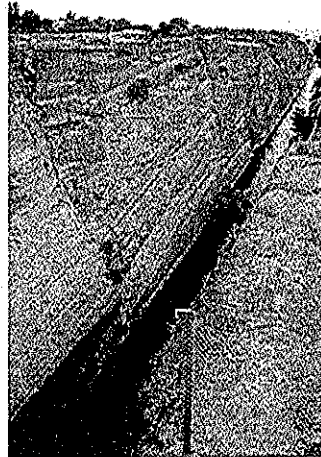


Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

18

Falla directa (Canal de Corinto)

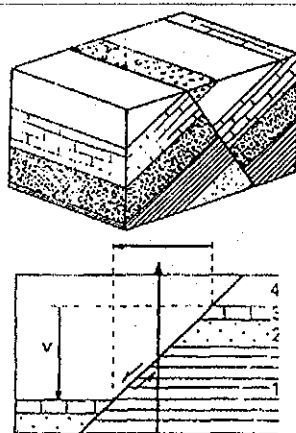


Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

19

Sondeo en falla directa



- ☐ En los sondeos en fallas directas faltan elementos de la serie estratigráfica
- ☐ Hay "zona de daño"
- ☐ De poco espesor, o falta completamente
- ☐ El plano de falla puede estar enmascarado

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

20

Falla directa. Características

- ☐ Generadas por esfuerzos de corte en en sistemas tensionales donde la presión mayor es la vertical
- ☐ Generalmente debida al peso de los materiales
- ☐ Suelen tener buzamientos altos, de más de 45° , respecto a la superficie original
- ☐ Salto bien definido
- ☐ Bordes poco alterados
- ☐ Zona de daño escasa
- ☐ Puede no haber milonito de falla

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

21

Cruce de fallas directas

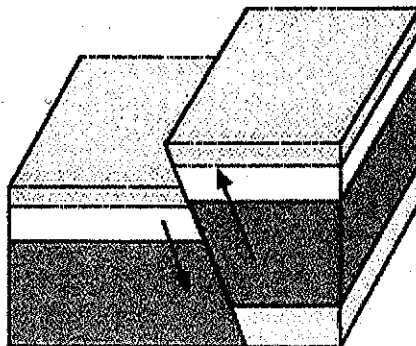
- ☐ Generalmente pocos problemas
- ☐ Son siempre camino preferente para las filtraciones
- ☐ En terrenos sedimentarios calizos o dolomíticos la falla puede tener los bordes soldados por calcita de 2ª deposición
- ☐ No suelen ser impermeables
- ☐ Requieren pases prudentes y sostenimiento reforzado

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

22

Falla inversa



Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

23

Falla inversa (Gudar, Teruel)

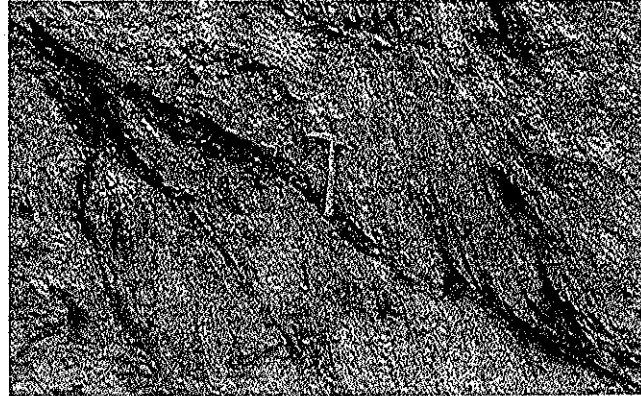


Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

24

Cabalgamiento pizarras silúricas (Andorra)

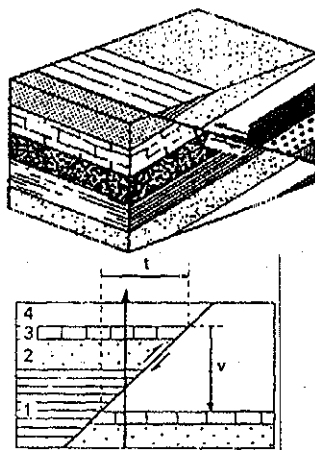


Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

25

Sondeo en falla inversa



- ☐ En los sondeos en fallas inversa "sobran" (se repiten) elementos de la serie estratigráfica
- ☐ Hay una gran "zona de daño"
- ☐ El plano de falla suele poder definirse bien

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

26

Falla inversa. Características

- ☐ Generadas por esfuerzos de corte en sistemas tensionales donde la presión mayor es horizontal y la presión menor es la vertical
- ☐ Generalmente debida empujes tectónicos
- ☐ Suelen tener buzamientos bajos, de menos de 45°, respecto a la superficie original
- ☐ Salto bien definido
- ☐ Bordes muy alterados
- ☐ Zona de daño de gran desarrollo
- ☐ Suele haber milonito de falla

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

27

Cruce de fallas inversas

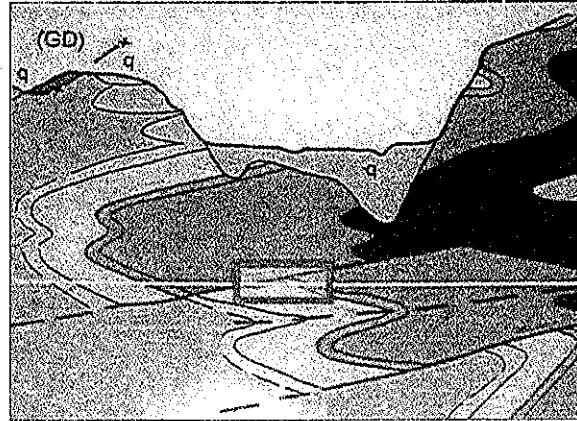
- ☐ Generalmente muchos problemas
- ☐ Si uno de los bordes tiene naturaleza o minerales arcillosos la zona fallada.
 - Tendrá milonitos arcillosos, a veces de muy poca resistencia al corte
 - Será muy impermeable
 - Si se atraviesa de muro a techo y en el techo hay materiales permeables se producirá una gran venida de agua, con posible derrumbe de la excavación del túnel
 - Necesitan drenaje previo sistemático mediante sondeos al frente
- ☐ La zona de daño suele ser de gran espesor con rellenos miloníticos
- ☐ Requieren pases muy cortos y sostenimientos pesados (incluso paraguas)

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

28

Esquema geológico de cruce de una falla inversa

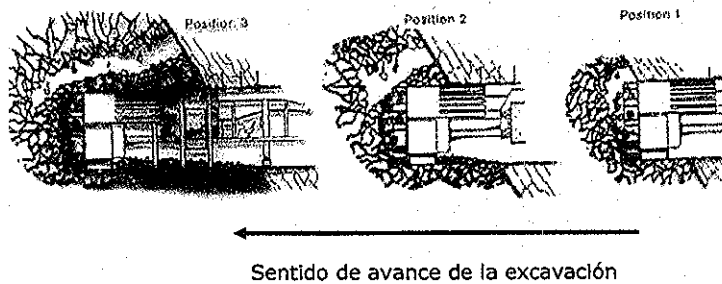


Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

29

Cruce de falla de gran potencia con tuneladora

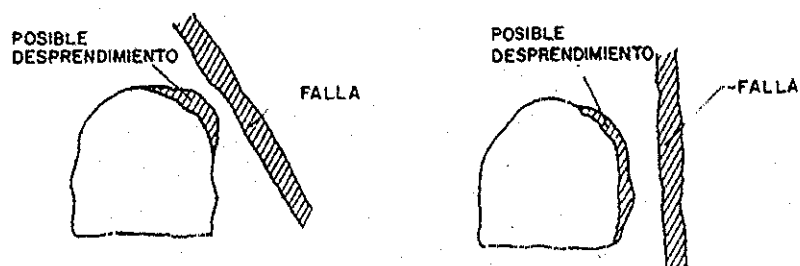


Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

30

Fallas próximas al túnel

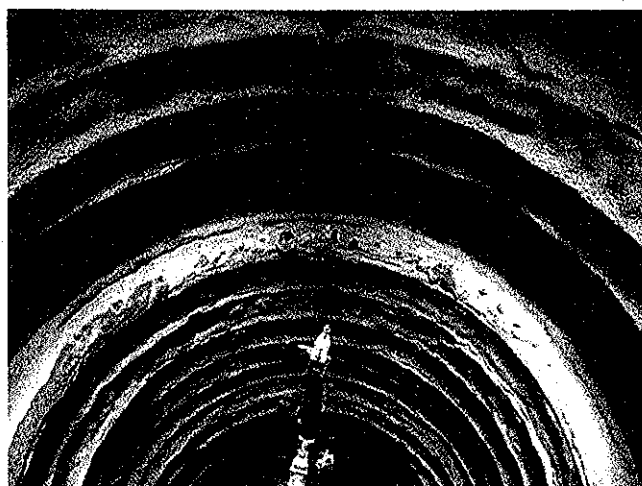


Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

31

Paraguas de interior

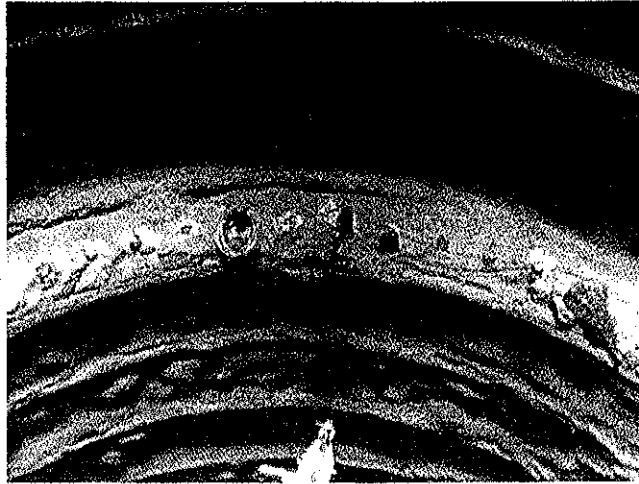


Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

32

Paraguas de interior (detalle)



Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

33

Falla en calizas (Costa Brava)



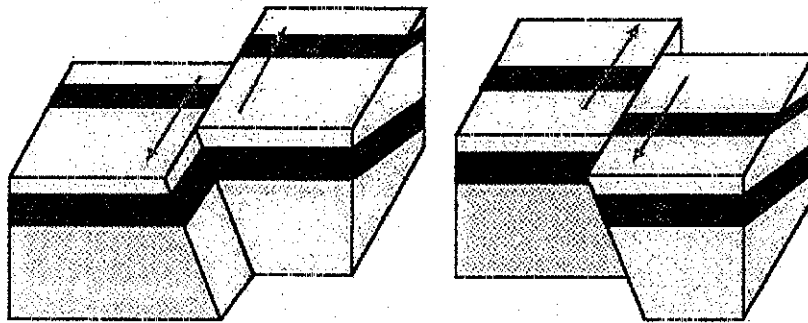
- ☐ ¿Es una falla directa o inversa?
- ☐ Por el movimiento no puede saberse sin conocer la serie sedimentaria
- ☐ Por el espesor de la zona dañada (escaso) probablemente será una falla directa

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

34

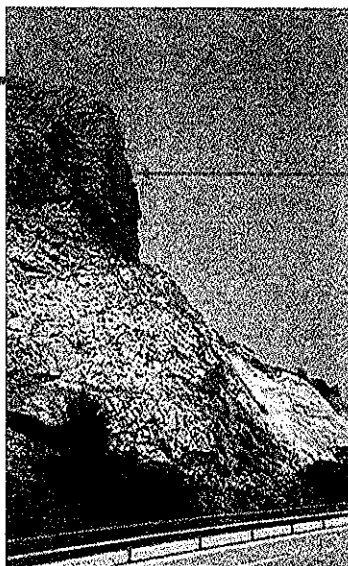
Fallas de desgarre en planos no verticales



Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

35



Desmonte del Indio

- ☐ Muchas veces las fallas subverticales dan origen a acantilados

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

36

Fallas verticales de empuje. Características

- ☐ Generadas por esfuerzos de corte en sistemas tensionales donde la presión vertical es la intermedia
- ☐ Debidas a esfuerzos tectónicos de empuje
- ☐ Suelen ser subverticales, o con buzamientos altos, de mucho más de 45°, respecto a la superficie original
- ☐ Salto bien definido
- ☐ Bordes
 - Muy planos, con estrías de rozamiento
 - Más alterados que los de fallas directas
 - Menos alterados que los de fallas inversas
- ☐ Zona de daño de espesor apreciable
- ☐ Pueden constituir barreras impermeables

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

37

Cruce de fallas verticales de empuje

- ☐ Generalmente darán problemas, pero limitados debido a su verticalidad
- ☐ Si uno de los bordes tiene naturaleza o minerales arcillosos la zona fallada.
 - Tendrá milonitos arcillosos, a veces de muy poca resistencia al corte
 - Será muy impermeable
 - Necesitará drenaje previo sistemático mediante sondeos al frente
- ☐ La zona de daño suele ser de pequeño espesor con o sin rellenos miloníticos
- ☐ Requieren pases cortos y sostenimientos reforzados
- ☐ Muy peligrosas si son subparalelas al eje de un valle recto

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

38

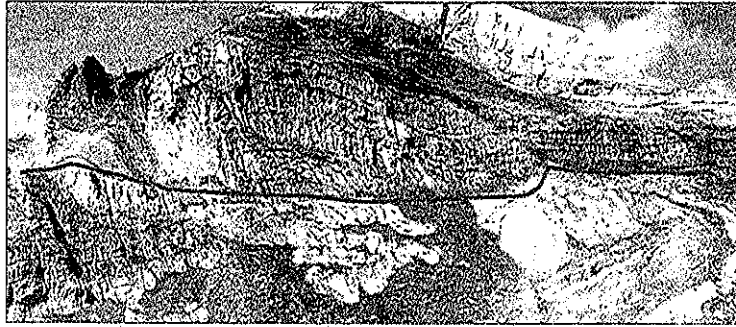
Cruce de fallas verticales de distensión

- ☐ Cuando los esfuerzos tectónicos finales son de distensión las fallas subverticales pueden quedar abiertas con relleno posterior (brechas de falla)
- ☐ En terrenos calizos o dolomíticos pueden producirse grandes aparatos cársticos subverticales
 - Son siempre camino preferente para las filtraciones
 - El agua circula verticalmente en el macizo
 - Llegando a ser simas o cuevas
 - Con concreciones en los bordes
- ☐ En el cruce de la falla habrá problemas de inestabilidad local
- ☐ Durante la explotación del túnel seguirá siendo un camino preferente para el agua, con filtraciones esporádicas

Manto de corrimiento de Hecho



Manto de corrimiento de Hecho



Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

41

Cruce de mantos de corrimiento

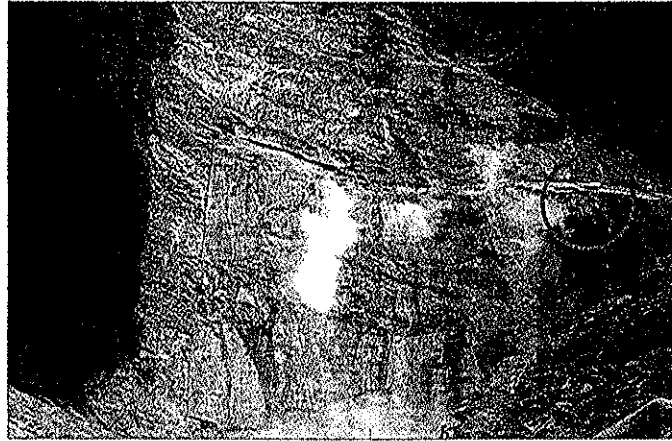
- ☐ Los mantos de corrimiento tienen origen parecido al de la fallas inversa
- ☐ No se conoce muy bien el mecanismo de rotura, pero se supone que el agua tiene un gran papel, lo que provoca esos ángulos tan pequeños respecto a la superficie original
- ☐ Los empujes tectónicos horizontales han sido muy grandes
- ☐ Su magnitud, salto y dimensión son mucho mayores, por lo pueden separar zonas con características geológicas muy diferentes
 - ☒ Materiales movidos "alóctono"
 - ☒ Materiales "in situ" autóctono"
- ☐ El buzamiento respecto al plano original es muy reducido (5° - 15°)
- ☐ Las zonas de daño son de gran espesor
- ☐ El cruce con túneles es siempre muy problemático
- ☐ Si es posible deben evitarse en los túneles

Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

42

¿Falla? (Presa de Monción, margen derecha)



Manuel Romana Ruiz

Problemática de cruce de fallas

43

II Master en Túneles y Obras Subterráneas.

Problemática de los túneles en el cruce de fallas

Manuel Romana Ruiz
Universidad Politécnica de Valencia
STMR mromana@stmr.com

GRACIAS POR SU ATENCIÓN