

# DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD JUAN DEL GRIJALVA, CHIAPAS, MÉXICO

Autores.- Ingenieros: Gustavo Arvizu Lara, Moisés Dávila Serrano, Juan de Dios Alemán Velásquez.

Augusto Rodin No. 265 · Colonia Nochebuena · C.P. 03720 · México D.F.  
Tel. (55)5615-77-85 (55)5615-17-91 Fax (55)5615-88-97 · Correo electrónico [gustavo.arvizu@cfе.gob.mx](mailto:gustavo.arvizu@cfе.gob.mx),  
[moisés.davila@cfе.gob.mx](mailto:moisés.davila@cfе.gob.mx), [juan.aleman@cfе.gob.mx](mailto:juan.aleman@cfе.gob.mx)



Figura 1 – Imagen aérea mostrando el deslizamiento

## ANTECEDENTES

El 4 de Noviembre del 2007 después de tres días de intensas lluvias, ocurrió un deslizamiento en la ladera derecha del Río Grijalva.

La obstrucción del cauce formó un tapón de 800 m de longitud en el embalse de la presa Peñitas Este hecho se sale de lo convencional, debido a 3 razones principalmente:

1. Aspectos sociales
2. Aspectos económicos
3. Magnitud del deslizamiento

Inicialmente se planteó excavar antes del 15 de Diciembre del 2007 un canal a la elevación 100, con una cubeta de seis metros de ancho, posteriormente por etapas continuar la excavación hasta la elevación 92.

## GEOLOGÍA REGIONAL

La zona se caracteriza por una serie de sierras y valles, lo mismo se observan lomas redondeadas no muy inclinadas, como sierras coronadas por escarpes verticales que hacen visible a la distancia, la estratificación de las rocas.

## ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS

Las principales estructuras geológicas son anticlinales y sinclinales alineados este –oeste y cuyos echados oscilan entre los 8° a 10°, como es el caso de la zona deslizada en Juan del Grijalva, y pueden alcanzar hasta 25°, como se puede observar aguas arriba de esa zona, en la margen derecha del río.

## **GEOLOGIA DE LA ZONA DEL DESLIZAMIENTO**

### **MORFOLOGÍA**

La margen derecha del sitio de estudio previamente al caído, presentaba una pendiente suave, en promedio de 10° a 12 ° de inclinación, entre las elevaciones 100 a 200 msnm; mientras que en la parte baja, hacia el cauce, la pendiente presentaba un máximo de inclinación de 45°. Para la margen izquierda, se observó esta misma condición, hasta la cota 200, a partir de esta elevación, los rasgos topográficos son suaves con algunos lomeríos de menor grado de inclinación.

### **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

#### **FALLAS**

Particularmente la zona del “caído”, se encuentra limitada tanto en la parte norte como en la sur, por un par de fallas de desplazamiento lateral, las cuales son paralelas entre si y conservan un rumbo NE 60° SW. Hacia la parte noreste el bloque está segmentado por la falla La Laja, la cual es una falla regional del tipo normal, identificada durante los recorridos en la zona.

#### **MECANISMO DE FALLA**

Dos tipos de fenómenos causaron el deslizamiento de Juan del Grijalva, uno de carácter geológico, y otro meteorológico, lo que provocó variaciones en el nivel freático de la masa rocosa y con ello, subpresiones (presiones ascendentes que contrarrestan el efecto gravitatorio del macizo).

En el aspecto geológico un fenómeno que comenzó a gestarse en tiempos no antropológicos (tal vez hace miles de años), el cual se refiere a la inestabilidad propia del paquete sedimentario deslizado, con inclinación hacia el cañón, se relaciona con el desplome de la costilla topográfica que funcionaba como parteaguas en la parte posterior del caído y que coincide con el trazo de la falla de La Laja.

Posteriormente la intensa lluvia saturó el terreno, y el nivel freático sufrió ascensos y descensos en la masa rocosa, lo que provocó un efecto de empuje de subpresión en la capa blanda de lutita, permitiendo que el bloque se deslizara como si fuera una barra de hielo aprovechando el debilitamiento de los bordes sur y norte del área, asociados a fallas de deslizamiento lateral.

El deslizamiento ocurrió a través de una capa blanda (estrato) de lutita, constituida por una arcilla plástica de resistencia marcadamente inferior a la arenisca que la subyace y con una inclinación de 8 a 10° hacia el río, la arcilla al saturarse, se comportó como un lubricante que facilitó el deslizamiento.

### **GEOLOGÍA**

#### **RESULTADOS DE LA BARRENACIÓN**

Los barrenos exploratorios 22 en total tuvieron la finalidad de definir la superficie de falla constituido por un estrato de arcilla plástica y húmeda, de color gris oscuro, de un metro de espesor en promedio pasando al bloque in situ (que no tuvo movimiento).

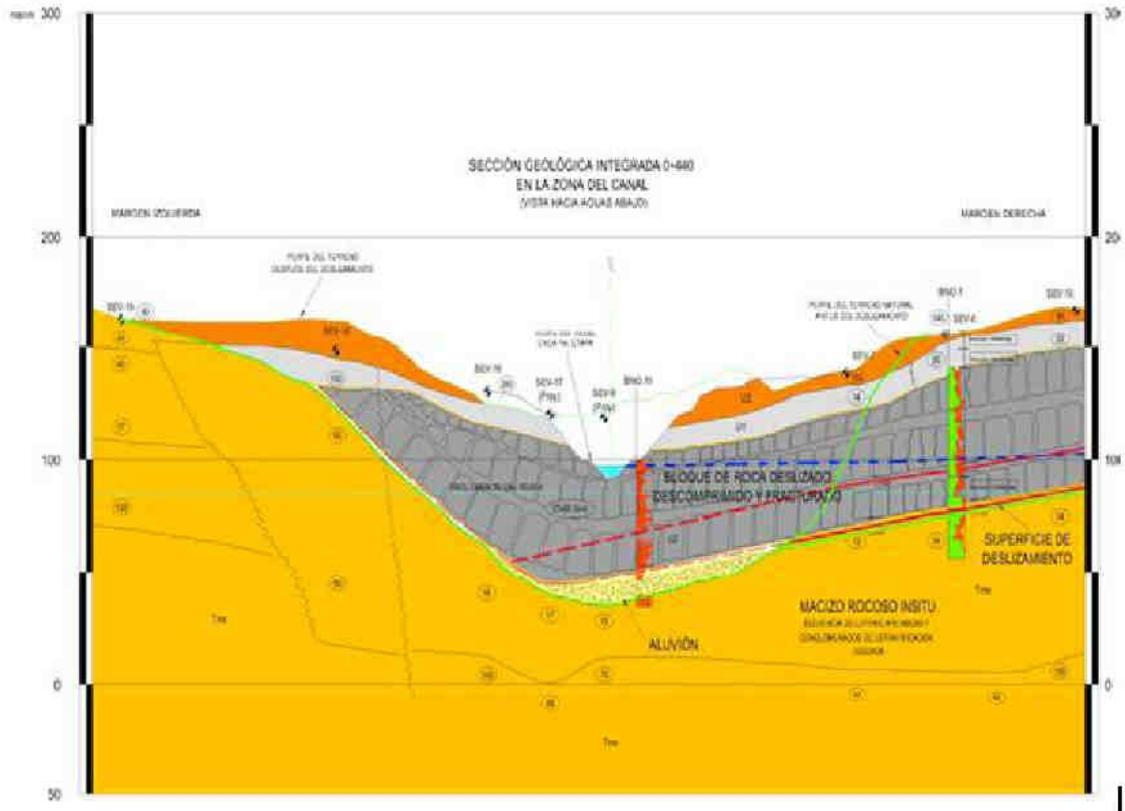


Figura 2. Modelo geológico conceptual del bloque deslizado en la zona del cauce

## GEOLÓGÍA

### GEOLÓGÍA DEL CANAL

Para caracterizar los materiales que taponaron el cauce del río Grijalva, donde se excavó el canal, se realizó un levantamiento geológico superficial con objeto de diferenciar las diversas unidades litológicas en la zona y realizar la vigilancia del comportamiento de la excavación de las bermas y taludes, para ello se agruparon en tres unidades.

## GEOTÉCNIA

### DEFINICIÓN DE LAS CAUSAS DE LA FALLA

Se estima que la falla ocurrió de la siguiente manera:

1. Previo al periodo de lluvias intensas la ladera se encontraba con factores de seguridad (FS) mayores que 1.5
2. Después de cinco días de lluvias intensas el NAF se elevó hasta muy cerca de la superficie en toda la ladera, lo que disminuyó el factor de seguridad de la ladera a valores cercanos a 1, al reducirse los esfuerzos efectivos (y por tanto la resistencia al corte) de la lutita alterada en el plano de falla.
3. A partir de allí comenzó un deslizamiento lento (*creep*)
4. Una vez que se alcanzó deformaciones importantes la resistencia del plano de falla (lutita alterada) se redujo desde su resistencia pico a su resistencia residual, lo que provocó que el movimiento se acelerara

## **PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA EL DESTAPONAMIENTO**

La premisa básica para definir la solución al destaponamiento era que en un plazo muy breve (45 días o menor) el río Grijalva debería estar nuevamente fluyendo con un gasto de 400 a 500 m<sup>3</sup>/s, por lo que se optó por la excavación de un canal hasta la elevación +92.0, lo que tenía los siguientes riesgos:

### **RIESGOS**

1. Una reactivación del deslizamiento por efecto de la excavación
2. Fallas locales de los propios taludes del canal durante la excavación
3. Una erosión progresiva del canal por el gasto que se pasaría en él, con la probabilidad de una arrastre súbito de todo el tapón

Los análisis indicaron que el factor de seguridad (FS) de la masa deslizada era mayor que 1.9 aún para condiciones de NAF alto, y que aún excavando el canal el FS seguía siendo mayor que 1.5.

Por otro lado, para definir los taludes del canal se consideró que la masa deslizada estaba fuertemente fracturada y había perdido totalmente su estructura, lo que llevó a recomendar un canal con taludes 2:1 (H:V) con bermas de 5 m de ancho a cada 10 m de altura.

Con esta sección se buscó un trazo que diera el menor volumen de excavación posible.

### **INSTRUMENTACIÓN**

#### **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN DE INFORMACIÓN**

El objetivo principal del Sistema de Auscultación es el de conocer la magnitud, velocidad y dirección de los desplazamientos superficiales del terreno deslizado, tanto en superficie como a profundidad; para ello se establecieron tres métodos de medición redundantes.

#### **MÉTODOS DE MEDICIÓN REDUNDANTES**

- a) Método topográficos desde puntos fijos
- b) Estaciones remotas GPS-Tracker 3D que mediante localización satelital permiten conocer el desplazamiento en tres direcciones en tiempo casi real
- c). A profundidad con inclinómetros, tomando como punto fijo el fondo del barreno bajo el plano de falla

#### **INSTRUMENTACIÓN SISMOLÓGICA**

Se instaló una red sismológica en el entorno del caído, con la finalidad de observar el comportamiento o la posible reactivación del deslizamiento, antes de que el movimiento sea evidente.

#### **NIVELES DE AGUA EN LOS SONDEOS**

Siete de los diez barrenos perforados en la zona del deslizamiento en la margen derecha del río Grijalva se equiparon como pozos de observación de los niveles de agua. Se indica la ubicación de los barrenos y la configuración de las líneas de igual elevación del nivel freático.

### **SEGUNDA ETAPA**

#### **ANTECEDENTES**

A pesar de que el curso del río se ha restablecido y las centrales de Malpaso y Peñitas operan con normalidad, se considero necesario abrir el canal con una cubeta de 70m de ancho a la elevación 85, para permitir un gasto en la temporada de lluvias de 4500 a 5000 M<sup>3</sup>

Dado que el deslizamiento tuvo su detonador en el **aumento del nivel freático** por las lluvias intensas en la zona, es indispensable construir algunas obras de drenaje en el área de bloques deslizados de margen derecha (MD), con la finalidad de que no se repita el fenómeno y evitar, por tanto, la reactivación del deslizamiento, que podría bloquear el canal por el que actualmente fluye el río. Por lo anterior se plantearon las siguientes obras de drenaje.

## OBRAS DE DRENAJE

1.- Una **galería de drenaje** con una longitud aproximada de 1200m que capte el agua de lluvia y abata el nivel freático que incida sobre el tercio medio de la zona deslizada y aquella que no logre ser captada por la zanja-dren. Según la información revelada por los piezómetros y pozos de observación de la zona, se considera que el agua que capte el tercio de terreno más cercano al canal, drena naturalmente a éste.

Esta galería contará con un sistema de barrenos-drenes, por los que se captará el agua pluvial que se infiltre y evitarán que el nivel freático se levante durante la temporada de lluvias

2.- Una **zanja-dren** que capte los escurrimientos del tercio (en área) más lejano al canal. Este tercio es la zona comprendida entre la falla límite al Este, hasta los alrededores del bloque movido, inmediatamente atrás de la zona que presenta mayor vegetación y elevación topográfica, área a la que se le denomina localmente como la “zona del silencio”.

Longitud de 400m con una cubeta de sección rectangular de dos m de ancho al fondo de una sección trapezoidal con taludes 1;1, los extremos de la zanja-dren serán conformados con tubería ranurada de un metro de diámetro en la cubeta. La zanja estará rellena de un filtro invertido

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El deslizamiento Juan del Grijalva es el más grande ocurrido en tiempos antropológicos en México Se movió a través de una capa de lutita de baja resistencia al corte, alterada y transformada en arcilla de color gris oscuro, plástica y húmeda de poco espesor y con inclinación de 8 a 10° hacia el río. Se considera que el detonante del deslizamiento fueron las variaciones del nivel freático en el plano de falla por las lluvias continuas
2. Los resultados de los análisis de estabilidad inverso dieron valores de entre 12.9 y 15.6° para el ángulo de fricción interno de la lutita alterada
3. Tal como se había previsto mediante la exploración geológica, el piso de proyecto del canal a la elevación 92 y 85 fue en bloques de roca por lo cual la erosión en el fondo del canal no ha sido rápida.
4. La inspección de la roca fracturada en el sitio, así como la observación de los taludes excavados, permitieron definir que la masa deslizada conservó parte de su estructura, aunque muy fracturada, lo que confirma que se deslizó en primera instancia como cuerpo rígido y posteriormente se separó durante el movimiento. Lo anterior permitió que en el sitio de la obstrucción, bajo un estrato de suelo residual se encontrara la secuencia de lutitas y areniscas muy fracturadas pero que conservaron una buena parte de su resistencia al corte. El hecho de que la masa deslizada conservará una buena parte de la resistencia de la roca original posibilitó el uso de taludes de hasta 1:1 en las márgenes del canal.
5. Aunque se considera que la roca deslizada ya está suficientemente relajada, cabe la posibilidad de deslizamientos que aunque menores, pudieran taponar de forma parcial el cauce del río
6. Por ello se recomendó la construcción de una galería en la margen deslizada por debajo del plano de falla, con un sistema de drenaje, que evite que en temporada de lluvias, los niveles freáticos se vuelvan a levantar y se pueda reproducir el fenómeno, aunque no de la misma magnitud. Adicionalmente se proyectó la construcción de un dren superficial excavado preferentemente hasta el plano de falla, que ayude a la galería, a drenar el agua de lluvias.